UNIVERSIDADE FEDERAL DA BAHIA
ESCOLA DE ADMINISTRAÇÃO
NÚCLEO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ADMINISTRAÇÃO – NPGA
MESTRADO PROFISSIONAL EM ADMINISTRAÇÃO

AMÉRICO DINIZ CARVALHO NETO

A OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NO TRABALHO E SUA CORRELAÇÃO COM O ERRO E FATORES HUMANOS

ESTUDO DE CASO: BRASKEM – UNIDADE DE INSUMOS BÁSICOS BAHIA

Salvador
2006

AMÉRICO DINIZ CARVALHO NETO

A OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NO TRABALHO E SUA CORRELAÇÃO COM O ERRO E OS FATORES HUMANOS

ESTUDO DE CASO: BRASKEM – UNIDADE DE INSUMOS BÁSICOS BAHIA

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-graduação em Administração (NPGA), Mestrado Profissional, da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Administração.

Orientador: Prof. Dr. José Célio Silveira Andrade

Salvador
2006

AMÉRICO DINIZ CARVALHO NETO

A OCORRÊNCIA DE ACIDENTES NO TRABALHO E SUA CORRELAÇÃO COM O ERRO E OS FATORES HUMANOS

ESTUDO DE CASO: BRASKEM – UNIDADE DE INSUMOS BÁSICOS - BAHIA

Dissertação apresentada ao Núcleo de Pós-graduação em Administração (NPGA), Mestrado Profissional da Universidade Federal da Bahia, como requisito para obtenção do grau de Mestre em Administração.

Banca examinadora:

Angelo Alfredo Baldo
Gerente de Segurança Saúde e Meio Ambiente
Unidade de Poiolefinas da Braskem

José Célio Silveira Andrade (Orientador)
Doutor em Administração pela UFBA
Universidade Federal da Bahia

José Geraldo de Andrade Pacheco Filho
Doutorado (Pós-Doutorado) pela University of Florida – USA
Universidade Federal de Pernambuco

Ricardo Araújo Kalid
Doutor em Engenharia Química USP
Universidade Federal da Bahia

Salvador, 10 de março de 2006.

Dedico este trabalho, com muito amor e carinho:

- aos meus filhos, Natália Lemos Carvalho, Marcela Lemos Carvalho, David Bastos Oliveira Diniz Carvalho e Maria Luiza Bastos Oliveira Diniz Carvalho, que são minha eterna fonte de inspiração e a quem reneguei um tempo precioso na busca de realizá-lo;
- à minha esposa e companheira Adelina Bastos Oliveira Carvalho, que sempre esteve ao meu lado, me estimulando e compartilhando dos meus sonhos e realizações;
- aos meus pais, pelo apoio e exemplo de persistência;
- em memória à minha querida e amada avó mamãa que tanto me ensinou e contribuiu com minha formação. Que Deus a tenha.

AGRADECIMENTOS

Ao Professor José Célio Andrade, orientador, estimulador, amigo, atencioso e sempre disposto a aprimorar o trabalho com sugestões e questionamentos.

Ao Núcleo de Pós-Graduação em Administração (NPGA), Mestrado Profissional da Escola de Administração da Universidade Federal da Bahia (UFBA), pelo apoio, infra-estrutura, qualidade e simpatia dos seus professores e funcionários.

Aos meus irmãos (Pedro Américo, José Bahia e Mariana), sobrinhos e amigos, a quem, ao longo deste tempo, não pude dedicar o melhor de mim.

Aos colegas da Braskem em especial a Jorge Soto (Gerente corporativo de SSMA).

Aos amigos e colegas de mestrado que se solidarizaram ao longo dessa jornada.

A razão da verdadeira medida de um homem não é como ele se comporta em momentos de conforto e conveniência, mas como se mantém em tempos de controvérsia e desafio.

Martin Luther King

Uma pessoa pode dizer que é realizada depois de ter ouvido com amor ser chamado de meu filho, ter pronunciado com amor meu pai e minha mãe e ter sido chamado com amor meu pai ou minha mãe.

Por tudo isto posso dizer que sou uma pessoa realizada,

Américo Diniz Carvalho Neto

CARVALHO NETO, Américo Diniz. **A ocorrência de acidentes no trabalho e sua correlação com os fatores humanos: estudo de caso: Braskem – Unidade de Insumos Básicos – Bahia**. 2006. 148f. Dissertação (Mestrado) – Escola de Administração, Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2006.

RESUMO

Estatísticas e dados divulgados por instituições particulares e governamentais têm comprovado o número cada vez mais preocupante de acidentes de trabalho e de acidentes com instalações industriais, afetando diversos setores governamentais, da sociedade civil, e da iniciativa privada. No primeiro caso, os altos custos de indenizações e de recuperação de pessoas acidentadas comprometem, muitas vezes, verbas que deveriam estar sendo aplicadas em ações preventivas e de melhoria social da população. No segundo caso, acidentes que provocam lesões incapacitantes e, em alguns casos, até mesmo a morte do trabalhador, trazem danos irreversíveis a sua família. E, por último, com os acidentes, a iniciativa privada tem perdido muitos dos seus investimentos nos trabalhadores, além de sofrer danos a suas instalações e processos, às vezes causados em função de acidentes. Apesar da evolução observada na tecnologia dos componentes dos sistemas e equipamentos, onde se investe cada vez mais em sistemas confiáveis e de alta performance, capazes de minimizar e, muitas vezes, eliminar as falhas na operação de sistemas e processos, estes sistemas e equipamentos, apesar de automatizados, mantém a necessidade da interface com o homem. Neste sentido, infelizmente, não se observa o mesmo avanço nas pesquisas e ferramentas para minimizar a probabilidade de ocorrência do erro humano na operação dos sistemas e equipamentos, preservando as condições de trabalho adequadas e garantindo a observação dos valores humanos no ambiente de trabalho. Neste trabalho, avalia-se a influência dos erros e fatores humanos na ocorrência de acidentes na Braskem - Unidade de Insumos Básicos, e propõe-se uma metodologia para a avaliação do erro humano através das ferramentas de análise de risco e análise de acidentes. Consideram-se, também, os fatores humanos envolvidos durante a elaboração de projetos, a fim de que os sistemas e equipamentos projetados tornem-se mais confiáveis e seguros, diminuindo a probabilidade de acidentes com as pessoas, instalações e meio ambiente. Espera-se, com esta pesquisa, contribuir não só para os processos de evolução técnicos nesta área, como também, através desta, estar contribuindo para que trabalhadores voltem para suas casas como vieram ao trabalho, ou seja, com a sua integridade física, psicológica e emocional preservada.

Palavras-chave: Ergonomia; Segurança do trabalho – Fatores humanos; Confiabilidade (Engenharia).

CARVALHO NETO, Américo Diniz. **labor accidents and the relation with human factors : Case: Braskem – Raw Material Unit – Bahia. 2006.** 148 f. **Master Graduation Work** – Administration Scholl, Federal University of Bahia, Salvador, 2006.

ABSTRACT

Statistical data disclosed by private and governmental institutions have pointed out the high and preoccupying rate of work accidents in industrial installations, affecting several governmental, civil society and private enterprise sectors. In the first case, the high costs of workers compensations and injury recovery expenses compromise, many times, funds to be applied in preventive actions and in workers' social welfare. Secondly, accidents leading to non-fatal injuries, and, in some cases, fatal injuries leading to death bring the family irreversible losses. At last, private initiative has lost a great deal of investments on its workers, apart from losses in terms of installations and processes resulting from accidents. Despite technological evolution observed in system and equipment components, resulting from investments in terms of reliable and high performance systems, in spite of their being automatized and capable of minimizing and even eliminating operational failures, the need for man's interface adjustment remains. In this sense, unfortunately, equivalent advances have not been observed in terms of research and tools for minimizing the probability of human failure in systems and equipment operation which can preserve adequate work conditions and human values in work environments. In this work, an assessment is made of the influence of human failure in accident occurrences in Braskem's Raw Material Basic Unit, and a methodology for human failure assessment and tools for risk and accident analysis are proposed. Human factors involved in project creation are also to be considered, so as to enable systems and equipment to be projected in safer and more reliable ways, aiming at decreasing the probability of accidents involving people, installations and environment. It is expected that this research might contribute to fostering workers' going back home as they came to work, i.e., with their physical, psychological and emotional integrity preserved.

Keywords: Ergonomy; Work safety – Human factors; Reliability (Engineering)

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE QUADROS

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABIQUIM	ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA QUÍMICA
AICHE	AMERICAN INSTITUE OF CHEMICAL ENGINEERS
API	AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE
APP	ANÁLISE PRELIMINAR DE PERIGOS
CAD	COMPUTER AIDED DESIGN
CAFES	COMPUTER-AIDED FUNCTION-ALLOCATION EVALUATION SYSTEM
CCPS	CENTER FOR CHEMICAL PROCESS SAFETY
COFIC	COMITÊ DE FOMENTO INDUSTRIAL DE CAMAÇARI
EPA	ENVIROMENTAL PROTECTION AGENCY
EVTE	ESTUDO DE VIABILIDADE TÉCNICO E ECONÔMICA
FAM	FUNCTION ALLOCATION MODEL
FEL	FRONT END LOADING
FMEA	FAILURE MODE AND EFFECT ANALISYS
FPR	FATOR DE PRIORIZAÇÃO DE RISCO
HAZAN	HAZARD ANALISYS
HAZOP	HAZARD AND OPERABILITY ANALISYS
HEART	HUMAN ERROR ASSESSMENT AND REDUCTION TECHNIQUE
HESAP	HOMEM, EQUIPAMENTO, SUPRIMENTO, AMBIENTE, PROCEDIMENTO
HRA	HUMAN RELIABILITY ANALISYS
ICI	IMPERIAL CHEMICAL INDUSTRIES
MIL SPECS	MILITARY SPECIFICATIONS
NASA	NATIONAL AERONAUTICS AND SPACE ADMINISTRATION
OIT	ORGANIZAÇÃO INTERNACIONAL DO TRABALHO
OSHA	OCUPATIONAL SAFETY AND HEALTH ADMINISTRATION
PHEA	PREDICTION HUMAN ERROR ANALISYS
PIF	PERFORMANCE INFLUENCING FACTORS
PRCP	PROCEDIMENTO CORPORATIVO
SHARP	SYSTEMATIC HUMAN ACTING RELIABILITY PROCEDURE
SSMA	SAÚDE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE
STD	SISTEMA DE TRATAMENTO DE DESVIOS
TEO	TECNOLOGIA EMPRESARIAL ODEBRECHT
THERP	TECNIQUE FOR HUMAN ERROR RATE PREDICTION
UNIB	UNIDADE DE INSUMOS BÁSICOS
WAM	WORKLOAD ASSESSMENT MODEL

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO

O ser humano no início do seu processo civilizatório tinha uma relação direta e dependente com a natureza, dela tirando todo o seu sustento. Depois, veio a noção de território, posse da terra, interferência na natureza através da produção, a princípio predominantemente agrícola. Ele se estabeleceu, deixando de ser nômade surgindo, assim, todo um significado para o trabalho em sua vida.

Mais tarde, com a industrialização e o surgimento da máquina, tudo muda nas relações homem – trabalho, exigindo todo um processo de adaptação do homem no trabalho, uma vez que as máquinas não operam sozinhas, sendo necessário que se projete, instale, regule, programe e acompanhe o seu desempenho, surgindo, assim, novas situações de risco antes desconhecidas no exercício do trabalho.

A segurança do trabalho é um assunto da maior importância, interessando a toda sociedade de maneira geral, pois toda vez que um trabalhador é acidentado, além de todos os traumas pessoais e familiares envolvidos, existem custos sociais associados, que são pagos por todos os trabalhadores e empresas.

Segundo Nogueira (1987), a primeira estatística oficial disponível sobre acidentes de trabalho no Brasil data de 1969, tendo-se registrado a marca alarmante de 1 059 296 acidentes em uma população de 7 268 449 trabalhadores, sendo que pelo menos 14,57% daqueles trabalhadores tinham sofrido, pelo menos, um acidente durante aquele ano.

De acordo com a Organização Internacional do Trabalho (OIT) (MORTES ..., 2001), um milhão de trabalhadores morrem por ano no mundo, o que significa uma morte a cada três minutos. A organização registra 250 milhões de acidentes por ano e 160 milhões de doenças profissionais.

No Brasil, 363 868[1] pessoas foram vítimas de acidentes no trabalho em 2000. Neste mesmo ano foram notificadas 3 094 fatalidades no país.

Muitos acidentes costumam ser atribuídos ao erro humano ou fator humano. Entretanto, quando se fala em erro humano, geralmente se refere a uma desatenção ou negligência do trabalhador. Objetivamos nesta pesquisa demonstrar que a questão não é tão simples assim. A abordagem do erro humano tem sofrido mudanças na medida em que se compreende melhor o comportamento do homem. Atualmente, existem dados que permitem analisá-lo melhor, a fim de se prever o desempenho futuro de equipamentos e sistemas onde haja a participação humana.

Segundo a norma Americana API 770 (AMERICAN..., 2001), pode-se definir erro humano e fatores humanos como:

Erro humano – Qualquer ação humana (ou a falta dessa ação) que exceda algum limite de aceitabilidade (por exemplo, uma ação fora de tolerância), onde os limites do desempenho humano são definidos pelo sistema.

Fatores humanos - Disciplina voltada para o projeto de máquinas, operações e ambientes de trabalho, de maneira que eles estejam de acordo com as capacidades, limitações e necessidades humanas.

Sanders e Moray (1991, p.72) explicam: “Ninguém pode garantir que os atos feitos numa determinada tarefa possam ser suficientemente livres de algum incidente ou acidente, errar é humano”. Em muitas organizações existe o jargão de que “errar é humano” mas a confiabilidade do “fator humano” é tão importante quanto todos os demais fatores existentes em uma organização.

A dissertação está estruturada em cinco capítulos. Os três primeiros apresentam os fundamentos teóricos que norteiam a sua elaboração. O capítulo 2 aborda conceitos relacionados com o erro humano e seu impacto na ocorrência de acidentes, a importância de se melhorar o

---

[1] Informação transmitida pelo Eng.º Gianfranco Pampalon, do Ministério do Trabalho e Emprego, durante Conferência sobre Acidentes de Trabalho, realizada em 2004, na palestra intitulada *Sistema de Gestão Integrada Qualidade Segurança do Trabalho e Meio Ambiente* em Disponível em: http://www.secovi-sp.com.br/noticias/arq_not/Sistemas_de_Gestao.pdf. Acesso em: 15 fev. 2005.

desempenho humano como forma de aumentar a confiabilidade de operações e sistemas, quais os fatores que influenciam a performance do homem em uma indústria química e por fim alguns métodos que podem ser utilizados para analisar, identificar e reduzir o erro humano.

O capítulo 3 aborda a importância de considerar os aspectos relacionados com os fatores humanos para realização de projetos com melhor confiabilidade. Aborda também como a consideração dos fatores humanos em projetos contribui positivamente para o gerenciamento eficaz do erro humano após a conclusão do projeto e início das operações. Por fim, neste capítulo avalia-se o que são projetos inerentemente seguros, como também qual o impacto na prevenção do erro humano durante a operação de sistemas e equipamentos.

No capítulo 4 faz-se um detalhamento dos resultados das pesquisas de campo, avaliando-se os resultados da contribuição do erro e dos fatores humanos na ocorrência de acidentes na Braskem, Unidade de Insumos Básicos, no período de 2001 a 2003, faz-se uma análise crítica dos resultados. Também se avalia como são realizados os projetos na Braskem e como a consideração dos fatores humanos na elaboração dos projetos e na elaboração dos procedimentos pode contribuir positivamente para redução de acidentes decorrentes de erro humano.

No último capítulo identifica-se pontos de melhoria e pontos facilitadores na organização, bem como são listadas recomendações a fim de se aprimorar o sistema de gestão de Saúde, Segurança e Meio Ambiente nos aspectos relacionados com a confiabilidade humana na realização de atividades diretamente ligadas aos sistemas e equipamentos e na concepção de projetos.

1.2 DEFINIÇÃO DO OBJETO DE ESTUDO

1.2.1 Problema

Esta pesquisa pretende analisar como o erro e o fator humano contribuem para ocorrência de acidentes na Braskem - Unidade de Insumos Básicos (UNIB), localizada no Pólo Petroquímico de Camaçari, a maior central petroquímica da América Latina, empregando aproximadamente 1100 funcionários diretos e mais de 2500 contratados, e operando 24 horas por dia, em três turnos, durante todos os dias da semana.

Figura 1 - Foto da Braskem - UNIB

Na Unidade Insumos Básicos da Braskem, existem instalações e equipamentos de risco, e muitos dos produtos existentes são perigosos, pois são inflamáveis e podem provocar a criação de uma atmosfera perigosa. Diariamente, são realizados serviços de manutenção, operação ou montagem, que, pelo seu nível de complexidade e risco, podem provocar acidentes.

Na unidade, trabalham mais de 50 diferentes empresas contratadas em diferentes segmentos de atuação e com diferentes padrões e culturas de segurança. No ano de 2002, ocorreram mais de 100 acidentes entre leves e de maior gravidade para um total de aproximadamente 11 500 000 homens-hora trabalhadas, demonstrando que estudos devem ser realizados a fim de se minimizar a ocorrência dos acidentes na unidade.

A Braskem - UNIB é considerada, a nível nacional e no ramo químico petroquímico, como uma empresa referência nas questões de segurança, saúde e meio ambiente, tendo como fonte os dados da Associação Brasileira Industria Química (ABIQUIM) e do Comitê de Fomento Industrial de Camaçari (COFIC).

Nas empresas parceiras, observa-se alta rotatividade na mão de obra, principalmente em empresas de montagem e manutenção, sendo este um dos grandes problemas existentes quando falamos, de maneira geral, em profissionais capacitados.

São realizados, anualmente, na organização, diversos projetos novos ou modificações em instalações existentes. Na elaboração, na concepção dos projetos, não se evidencia uma abordagem sistêmica relacionada com a busca do aumento da confiabilidade humana, na interação do homem com os equipamentos ou com o processo.

1.2.2 Premissas

A consideração dos fatores humanos durante a fase de concepção de projetos contribui para a minimização da ocorrência dos acidentes.

A consideração e o entendimento da confiabilidade humana na realização de atividades no trabalho permitem um maior controle dos possíveis erros humanos, minimizando as chances de ocorrência de acidentes.A confiabilidade obtida por um projeto de um produto ou sistema passa, fundamentalmente, pela compreensão dos fatores humanos na interface com o objeto.

1.2.3 Hipóteses

A maior parte das causas dos acidentes na Braskem – Unidade de Insumos Básicos é decorrente de erros e fatores humanos, portanto não intencionais.

A não consideração dos fatores humanos na elaboração dos projetos na Braskem Unidade Insumos Básicos, contribui para a ocorrência de acidentes e para a existência de processos com confiabilidade reduzida.

1.3 JUSTIFICATIVA

Segundo Berkson e Wetterten (1982), parece ser, provavelmente, mais importante e produtivo questionar-se como aprender com as falhas humanas para que estas não voltem a ocorrer, ao invés de questionar-se continuamente quanto à incidência, ou proporção de acidentes, incidentes ou problemas ocasionados por estas.

A busca pela confiabilidade humana leva inevitavelmente ao maior conhecimento sobre a falha humana, porque o histórico da confiabilidade industrial demonstra que a maior parte das falhas de que se tem registros nos últimos anos, no sistema homem – máquina, são de natureza humana, gerando grandes perdas humanas e de capital.

É cada vez mais evidente, que a civilização humana vive em um mundo cada vez mais "artificial", ou seja, o homem convivendo com milhões de produtos por ele próprio produzidos.

Tal conceito é ratificado por alguns autores, como Moles (1971), Dorfles (1972), Maldonado (1972) e Ricard (1982); todos sugerindo um mundo onde os produtos elaborados pelo homem conformam um panorama que deslocou, totalmente, o mundo natural, razão pela qual o homem e a máquina aprenderam a conviver. Esta necessidade se mantém até o presente pela contínua evolução de ambos. Um fator importante e de conflito nesta convivência é o aspecto da segurança com que interagem o homem e a máquina, pois, de um lado, o homem é propenso a cometer erros no uso dos equipamentos, e de outro lado, os produtos são propensos a darem defeitos, falharem. Tais situações provocam um aumento no número de acidentes, nos quais, geralmente, o homem, como parte mais frágil, sofre as conseqüências, algumas vezes arcando até com a própria vida.

Por esta razão, muito se tem pesquisado sobre como produzir produtos livres de falhas, ou, no mínimo, com um alto nível de confiabilidade. Como também existem pesquisas sobre o homem e seu comportamento na realização das atividades, porém, pouco se tem

trabalhado em relação à incidência do comportamento humano durante a elaboração de projetos, e comportamento dos projetistas, que visem produzir produtos mais confiáveis. Portanto, é necessário analisar a conduta do próprio projetista, gerador do produto, sobre o uso que será sugerido ao usuário do produto.

Assim nesta pesquisa objetiva-se, também, estudar os aspectos do comportamento humano, focando o erro humano, enquanto o homem se coloca no exercício de sua atividade e, por conseqüência, a possível ocorrência de acidentes, como também avaliar a trilogia homem – máquina – projetista com a finalidade de incrementar a segurança nestas dimensões. Muitas vezes, projetos concebidos com maior rigor quanto aos aspectos de segurança, com avaliação dos possíveis aspectos do comportamento humano e erro humano associado ao uso do produto ou do sistema, podem evitar acidentes quando uma das partes, como, por exemplo, o homem, erra.

Segundo o American Petroleum Institute (2001), durante os últimos trinta anos, os 100 maiores acidentes em instalações industriais, que feriram gravemente ou mataram centenas de pessoas, contaminaram o meio ambiente e causaram prejuízos de mais de oito bilhões de dólares a propriedades. O Instituto Americano de Petróleo e outros organismos internacionais reconhecem que os erros humanos têm contribuído direta ou indiretamente com muitos destes acidentes relevantes em indústrias químicas e petroquímicas. Estes ressaltam a importância de reduzir os erros humanos para aumentar a segurança, produtividade e qualidade dos processos de fabricação, além de melhorar a confiabilidade em relação à proteção de vidas humanas. Qualquer tentativa de se melhorar o processo de segurança deve abordar o fato de que erros humanos no projeto, construção, operação, manutenção e administração de instalações são as causas primordiais de quase todas as deficiências de qualidade, perdas de produção e acidentes. Segundo o American Petroleum Institute (2001), os gerentes acreditam que os trabalhadores podem ser selecionados, treinados e motivados para operar, de maneira apropriada, qualquer sistema. Sendo assim, eles acreditam que os erros humanos são resultados de falta de cuidado ou de estupidez, e que a única

maneira através da qual podem reduzir erros humanos é disciplinar a parte culpada quando os erros acontecem.

Os gerentes melhor informados sobre as causas de perdas compreendem que trabalhadores descuidados ou não adequados ao trabalho representam uma pequena fração das causas dos erros humanos em suas instalações; muitos dos erros são cometidos pelos funcionários habilidosos, cuidadosos, produtivos e de boas intenções. Mais que simplesmente culpar o indivíduo envolvido, estes líderes devem identificar as causas essenciais do erro humano ocorrido na situação de trabalho e programar ações apropriadas para evitar sua reincidência.

A engenharia de fatores humanos busca assegurar que trabalhos em projetos de equipamentos, operações, procedimentos e ambientes de trabalho sejam compatíveis com as capacidades, limitações e necessidades dos trabalhadores. Portanto, este ramo da engenharia é um complemento vital para outras disciplinas de engenharia que procuram aperfeiçoar o desempenho de equipamentos e/ou minimizar custos de capital, sem focar, especificamente, como os equipamentos serão realmente operados e mantidos pelos trabalhadores.

Em última instância, o termo “erro humano” não deveria ter mais a conotação de culpa ou emoção que o termo “falha de *hardware*” ou falha de componente.

Mais que procurar culpar ou punir um trabalhador quando um acidente ocorre, os gestores deveriam procurar as causas raiz na situação do trabalho. Somente se os líderes reconhecerem e aceitarem a sua responsabilidade para identificar e eliminar situações de provável risco no local de trabalho poderá haver uma redução significativa na freqüência e severidade dos erros humanos. Diretamente envolver os trabalhadores nestes esforços é a melhor maneira de atingir os seus objetivos. A engenharia de fatores humanos, ou ergonomia, é um instrumento importante que os gerentes podem utilizar em busca de uma organização muito mais segura e produtiva.

1.4 OBJETIVOS

1.4.1 Objetivo Geral

Avaliar a contribuição do erro e do fator humano na ocorrência de acidentes na Braskem Unidade de Insumos Básicos.

1.4.2 Objetivos Específicos

a) Classificar e hierarquizar erros e fatores humanos, mais freqüentemente encontrados nos acidentes na Braskem - Unidade de Insumos Básicos;
b) Analisar, classificar e registrar os erros e fatores humanos no sistema de análise e tratamento de acidentes ;
c) Avaliar a sistemática de desenvolvimento de projetos na Braskem - Unidade de Insumos Básicos, verificando se as questões de confiabilidade humana são contempladas de forma sistêmica nas fases de desenvolvimento de projetos;
d) Sugerir uma forma de inclusão desta dimensão nos procedimentos existentes.

1.5 LIMITAÇÕES DO TRABALHO

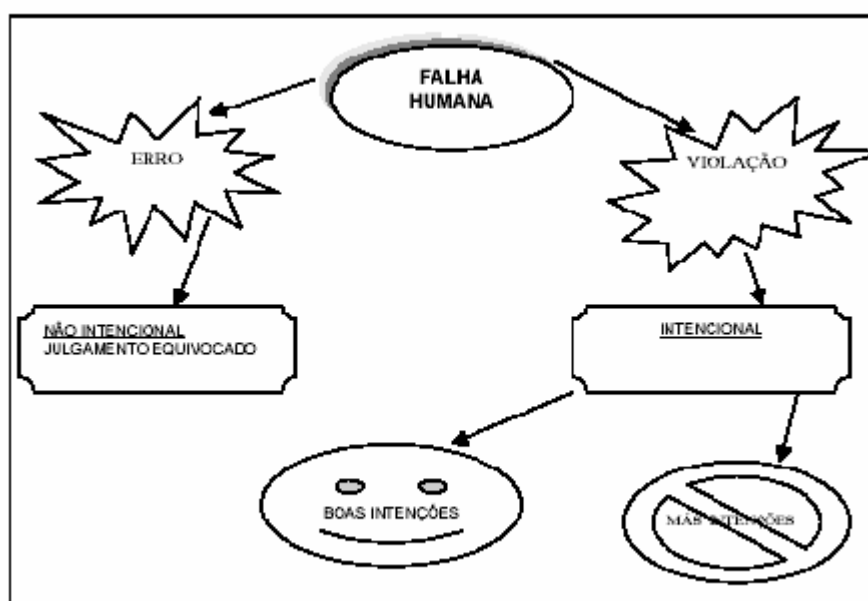
As causas dos acidentes podem ser classificadas em causas técnicas, causas humanas e causas do tipo organizacionais (VUUREN,1996). Esta classificação ajuda na tarefa de demonstrar as limitações de abrangência do trabalho.

Dentre as três causas, o foco estará sendo dado ao aspecto humano, ou seja, a falha humana.

Segundo Slack (1997) pode-se dividir a falha humana em dois tipos: Erros Humanos e Violações (Figura 2). As violações podem ter suas causas relacionadas à área de psicologia e da fisiologia, que não abordaremos neste trabalho, não menosprezando, de maneira alguma, a sua

importância, mas atendo-nos, porém, à intenção deste trabalho, que é focar as falhas humanas não intencionais, conhecidas por erro humano na ocorrência de acidentes, tanto como parte ativa na operação dos produtos (equipamentos e/ou sistemas), como também no papel do projetista dos mesmos.

O fator técnico, por entender-se que são propostos e regidos pelos padrões e normas da engenharia de confiabilidade, sendo tratados neste campo específico, não serão objeto de estudo neste trabalho.

As causas relacionadas ao aspecto organizacional também não serão estudadas, entendendo-se a sua amplitude e conhecimentos aportados a outras disciplinas como a macro ergonomia, engenharia da qualidade, psicologia organizacional, etc...

Fonte: SLACK , 1997.
Figura 2: Tipos de Falhas Humanas

1.6 ESCOLHAS TEÓRICAS E METODOLÓGICAS

A metodologia proposta tem como base uma revisão da literatura relacionada com o fator e erro humano na visão da ergonomia cognitiva e da ergonomia de produto.

O método predominante foi o estudo de caso, uma vez que, com base na literatura revisada e nas informações obtidas da análise dos acidentes ocorridos nos anos 2001 a 2003, na Braskem - Unidade de Insumos Básicos e da avaliação do processo de realização de projetos, dos padrões e critérios de projetos e de operação.

1.6.1 Instrumentos de Coleta de Dados

a) Relatórios de Acidentes ocorridos na Unidade de Insumos Básicos (UNIB);
b) Dados e informações de pesquisa bibliográfica sobre erro humano no exercício das atividades operacionais e de projetos;
c) Observações e entrevistas com pessoas envolvidas em acidentes pessoais neste período de 2001 a 2003;
d) Normas e procedimentos Braskem para desenvolvimento de novos projetos, para investigação de acidentes e realização de atividades.

1.6.2 Unidade de Análise - Corte Espacial e Temporal

Faremos um corte na organização Braskem, selecionando a Unidade de Insumos Básicos, envolvendo todos os funcionários diretos e indiretos (contratados) da unidade.

Como corte temporal, avaliaremos os dados e informações de acidentes ocorridos nos anos de 2001 a 2003.

2 O HOMEM E O ERRO HUMANO

2.1 INTRODUÇÃO

A pesquisa sobre as origens dos acidentes estava sempre apresentando um papel preponderante nos sistemas complexos. O enfoque tradicional na prevenção de acidentes, enfatizou, em grande medida, a solução do aspecto tecnológico, descuidando de outras causas (humanas e operacionais) que integram o tratamento clássico.

Porém, o enfoque atual sobre as origens dos acidentes, demonstra que, em 96% dos casos, existe um comportamento inseguro na interface do homem com o processo ou equipamento, em que as falhas do sistema estão, direta ou indiretamente, relacionadas com o homem. Isto se deve ao fato de que todos os sistemas tecnológicos, não são somente operados por pessoas, mas também são projetados, construídos, organizados, gerenciados, mantidos e regulados pelos seres humanos; restando, então, os 4% restantes, para serrem atribuídos a causas naturais.

Os avanços na tecnologia dos equipamentos demonstram que os sistemas homem-máquina estão se tornando cada vez mais complexos, onde o equipamento é cada vez mais confiável, mas o erro humano, de difícil predição, é uma fonte potencial de acidentes significativos.

Segundo Felix Redmill e Jane Rajan (1997), em todos os acidentes, existe uma correlação com causas humanas. Até recentemente, isto era considerado apenas para os casos em que se caracterizasse o contato direto do homem com o equipamento. Através das informações das análises e investigações dos recentes acidentes de maior conseqüência, tem-se evidenciado que causas de acidentes podem ter sido provocadas muito tempo antes do momento da ocorrência

do mesmo (no projeto), introduzindo, assim, um ponto fraco no sistema que pode se evidenciar a qualquer momento, provocando o acidente.

Ainda comenta-se que a ação do homem pode causar ou contribuir com a ocorrência de acidentes de quatro formas:

- Iniciando o evento, através de falha direta ou indireta que cause conseqüência imediata ou retardada;
- Através de decisões absurdas, mesmo quando informados dos riscos;
- Através do agravamento das conseqüências em função de uma atuação inadequada na evasão e resgate de vítimas;
- Através de decisões gerencias inadequadas aos riscos existentes e que contribuam com a diminuição das condições de segurança.

Segundo Berkson. e Wettersen (1982), não tem muito sentido questionar-se, continuamente, quanto a incidência, ou a que proporção do acidente correspondem os erros humanos. É mais importante e produtivo questionar-se como aprender com estes e, assim, evitar que voltem a acontecer.

Por isso é que a ação preventiva na melhoria da qualidade e confiabilidade do ser humano leva, inevitavelmente, a conhecer mais sobre a falha humana, sendo, em definitivo, necessário entender os complexos mecanismos do pensamento e do comportamento da pessoa que provocou o erro.

2.2 O PAPEL DO ERRO HUMANO NA OCORRÊNCIA DE ACIDENTES

Segundo o guia para prevenção do erro humano na segurança de processos, publicado pelo Center for Chemical Process Safety (CCPS) da American Institute of Chemical Engineers (AICHE), em 1994, após muitos anos de melhorias nas condições técnicas e de projetos de processos, muitas organizações têm descoberto que a taxa de ocorrência de acidentes, as perdas de

processo e de lucratividade nas plantas industriais, atingiu patamares que, aparentemente, são impossíveis de serem melhorados. Outra constatação é que, mesmo em organizações com bons resultados gerais de segurança, ocasionalmente, ainda ocorrem graves acidentes, desastres, que chocam o público industrial e comunidade como um todo. O fator comum encontrado é o problema do erro humano. A estratégia principal a ser adotada é prover tecnologia de informações e ferramentas que permitam a maximização da performance humana e a minimização do erro humano.

O erro humano é provavelmente o maior fator de contribuição para perdas de vidas humanas, lesões nas pessoas e danos a propriedade em indústrias químicas e petroquímicas. O erro humano tem, também, um impacto significativo para qualidade, produção e, finalmente, lucratividade da organização. A publicação de Garrison (1989), *One Hundred Large Losses in the Hydrocarbon Chemical Industries* documenta a contribuição dos erros humanos nos maiores acidentes na indústria desde 1984, demonstrando que são estas as causas predominantes destes acidentes.

Um estudo mais recente da mesma fonte, Garrison (1989), indica que erros humanos foram os fatores predominantes para danos a propriedade em mais de dois bilhões de dólares.

Estas constatações não têm sido evidenciadas apenas nos Estados Unidos. Um estudo, analisando as causas de acidentes com incêndios no Japão, indicou que de um total de 120 graves acidentes, aproximadamente, 45% foram atribuídos a erros humanos.

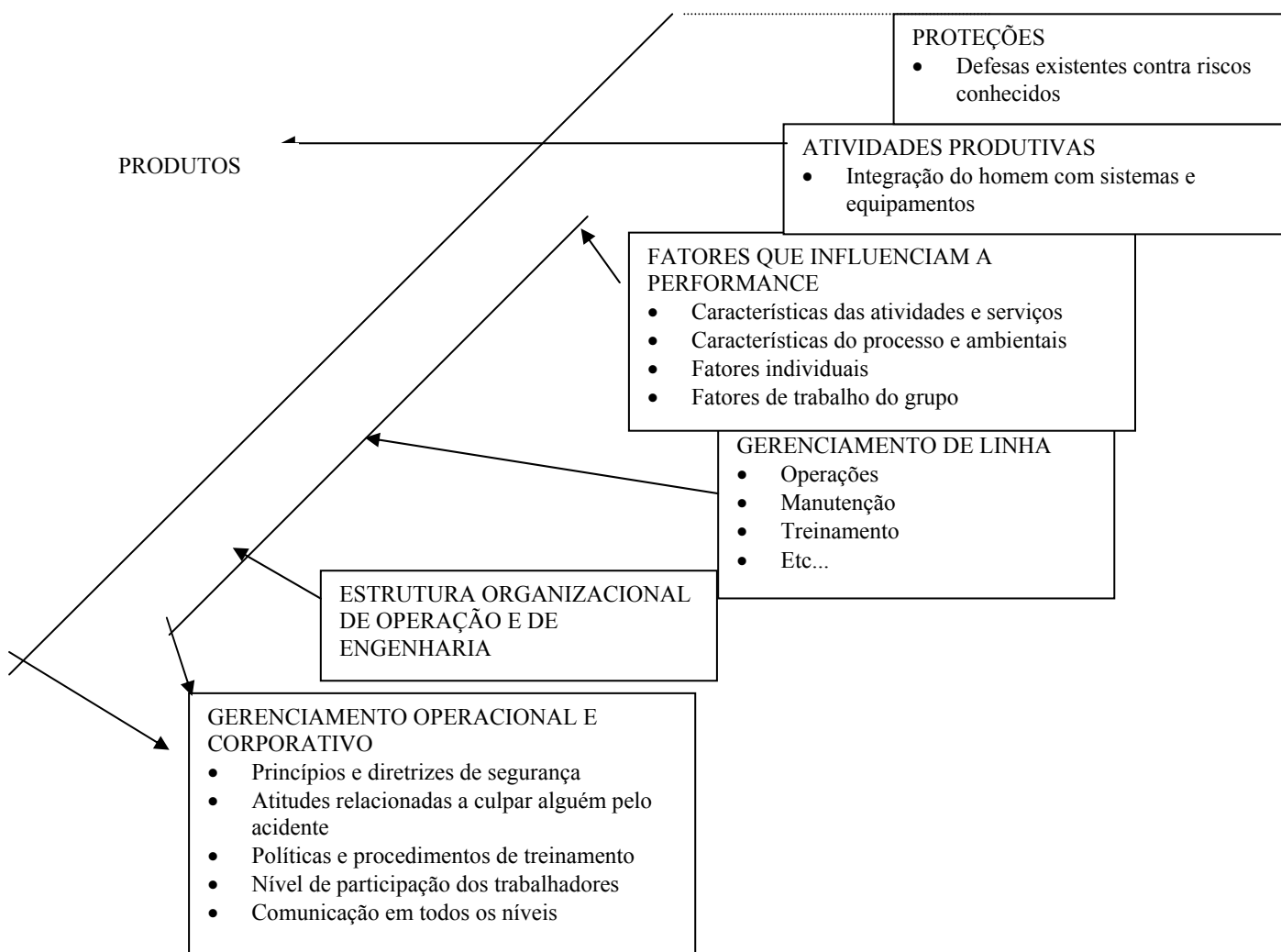
No Quadro 1 seguem alguns estudos e seus respectivos resultados quanto à causa do erro humano como fator crítico na ocorrência de acidentes na indústria química e petroquímica.

ESTUDO	RESULTADOS
Garrison (1989)	Até 1984, erros humanos causaram, em acidentes maiores avaliados, prejuízos superiores a 563 milhões de dólares.
Joshchek (1981)	80 – 90% de todos os acidentes na indústria química foram causados por erro humano.
Rasmussen (1989)	Estudos em 190 graves acidentes na indústria demonstraram que as 4 principais causas são: - Conhecimento insuficiente 34% - Erros de projeto 32% - Erros de procedimento 24% - Erros pessoais 16%
Butikofer (1986)	Causas dos acidentes em petroquímicas e refinarias: - Falhas de equipamento e de projeto 41% - Falhas de pessoal e de manutenção 41% - Procedimentos inadequados 11% - Inspeção inadequada 5% - Outros 2 %
Uehara e Hoosegow (1986)	Erros humanos representaram causas básicas de 58% dos incêndios em refinarias: - Gerenciamento inadequado 12% - Projeto inadequado 12% - Materiais inadequados 10% - Falhas de operação 11% - Falha na inspeção 19% - Falhas na manutenção 9% - Outros erros 27%
“Oil Insurance Association Report on boiler safety”	Erros humanos corresponderam a 73% e 67% de todas as perdas em caldeiras durante a partida e explosões em operação respectivamente

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE), 1994.
Quadro 1 - Estudos do Erro Humano como Causadores de Acidentes em Indústrias Petroquímicas

Adicionalmente a estes estudos formais sobre erro humano, quase todos os grandes acidentes investigados nos últimos anos na indústria química e petroquímica, por exemplo, Texas City, Piper Alpha, Philips 66 Explosion, Feyzin, Mexico City, demonstraram que o erro humano foi a causa mais significativa e encontrada em projeto, operação, manutenção e gerenciamento de processos.

Um dos fatores princípais que também não podemos desprezar na ocorrêncio de acidentes são os fatores organizacionais, originados por erros de decisão ou omissão gerenciais,

que criam pré condições para materialização dos erros em toda a cadeia produtiva. A Figura 3, abaixo, ilustra a estrutura padrão de um sistema de produção industrial.

Fonte: Adaptação de REASON, 1990 *apud* AMERICAN..., 1994
Figura 3 - Estrutura de um Sistema de Produção.

No contexto de uma planta química e petroquímica, este diagrama pode ser interpretado como uma representação simplificada de uma planta ou unidade industrial. A estrutura gerencial da planta e a corporativa definem as condições e recursos para os níveis operacionais conquistarem seus resultados, contribuindo, assim, positiva ou negativamente com a possibilidade de ocorrência de erros humanos e com a performance da planta.

A Política e Princípios determinarão a influência das questões de Saúde, Segurança e Meio Ambiente na organização, como também influenciarão na alocação dos recursos a serem investidos, algumas vezes em oposição aos objetivos específicos de produzir. Atitudes demonstradas através da estrutura organizacional determinarão se a organização possui uma cultura responsável ou não com as questões de Saúde, Segurança e Meio Ambiente (SSMA).

A forma de tratar o assunto e as atitudes gerenciais com relação à culpa determinarão se a organização desenvolve ou estimula a criação de uma cultura da "culpa" ou do " culpado", que atribui, como causas dos erros, fatores como baixa motivação ou comportamentos deliberadamente inseguros. Fatores como o nível de participação encorajado pela organização e a qualidade da comunicação entre lideranças e os trabalhadores provocarão, positiva ou negativamente, um importante impacto na cultura de segurança. A existência de políticas que garantam a existência de bons procedimentos e de um programa de treinamento eficiente e eficaz garantirão, também, um impacto bastante positivo na redução dos erros humanos.

O próximo nível representa as políticas organizacionais de desenvolvimento de projetos, que também são bastante influenciadas pelas decisões e estratégias gerenciais da alta liderança. Este nível de liderança tem uma grande responsabilidade na ocorrência ou na prevenção de erros humanos associados a decisões gerenciais.

O nível associado aos fatores que influenciam a performance dos trabalhadores tem um impacto direto na probabilidade de ocorrência do erro humano, pois está associado às características de complexidade das atividades versus a capacidade física, mental e técnica do homem executar a atividade. Esta dimensão será analisada com maior detalhe no 2.5?

O próximo nível está associado à estrutura dos sistemas de produção, estando aí inserido um grande campo de diversidade de interações entre o homem e o processo propriamente dito, como atividades relacionadas com aberturas e fechamento de válvulas, partida de equipamentos e sistemas e as atividades de manutenção dos equipamentos propriamente ditas.

Em fábricas com níveis de automatização elevados, cada vez mais se requer um alto nível de ações e perfil “cognitivo” por parte dos trabalhadores, envolvidos na solução de problemas, diagnósticos e decisões através de informações disponíveis em computadores que, de forma dinâmica e muito rápida, disponibilizam a situação dos processos de forma instantânea e, muitas vezes, com uma quantidade de informações acima da capacidade de processamento mental do ser humano, colocando, assim, tanto o homem como as instalações em uma posição vulnerável quanto aos aspectos de segurança.

O último nível relacionado com a Figura 3 que retrata o sistema de produção é o que representa as defesas contra riscos de processo. Estas defesas podem existir de diferentes formas. Podem incluir sistemas de emergência que, na ocorrência de eventos indesejáveis, bloqueiam equipamentos e acionam sistemas de segurança, como desligamentos, acionamentos de válvulas de segurança, alarmes e outros. Em adição aos sistemas de segurança associados aos equipamentos, temos, também, defesas associadas a sistemas concebidos e gerenciados pelo homem, como procedimentos de resposta a emergências, controles administrativos como procedimentos para permissão de trabalho, programas de treinamento e capacitação técnica, além de sistemas que visem a incorporação de uma cultura voltada à prevenção de comportamentos inseguros que possam expor os trabalhadores, as instalações e o meio ambiente à perdas indesejáveis.

2.3 IMPORTÂNCIA DE SE MELHORAR O DESEMPENHO HUMANO

Segundo o *Guia do Gerente para Redução de Erros Humanos: Melhorando o Desempenho Humano nos Processos Industriais*, elaborado por D.K. Lorenzo (2001), os maiores benefícios de se investir na melhoria da performance do homem no trabalho estão relacionados a uma melhoria das condições operacionais do processo, das condições de segurança para o homem e para as instalações, como também contribuem para a redução de perdas e a melhoria da qualidade. Atualmente, muitos especialistas em qualidade e produtividade, enfatizam a

importância de se investir em técnicas e princípios que venham a reduzir a probabilidade de ocorrência de erros humanos, ao invés de se tentar controlar a minimização destes erros através de políticas gerenciais de buscar um culpado e executar uma punição. CROSBY (1984) advoga explicitamente a necessidade do uso de programas que auxiliem na remoção de possíveis erros humanos no processo produtivo. Outros renomados autores da área de qualidade e produtividade, como Juran e Deming (*apud* AMERICAN...,1994) também destacam a importância de se controlar a performance humana como fator importante para o atingimento dos objetivos de qualidade e produtividade.

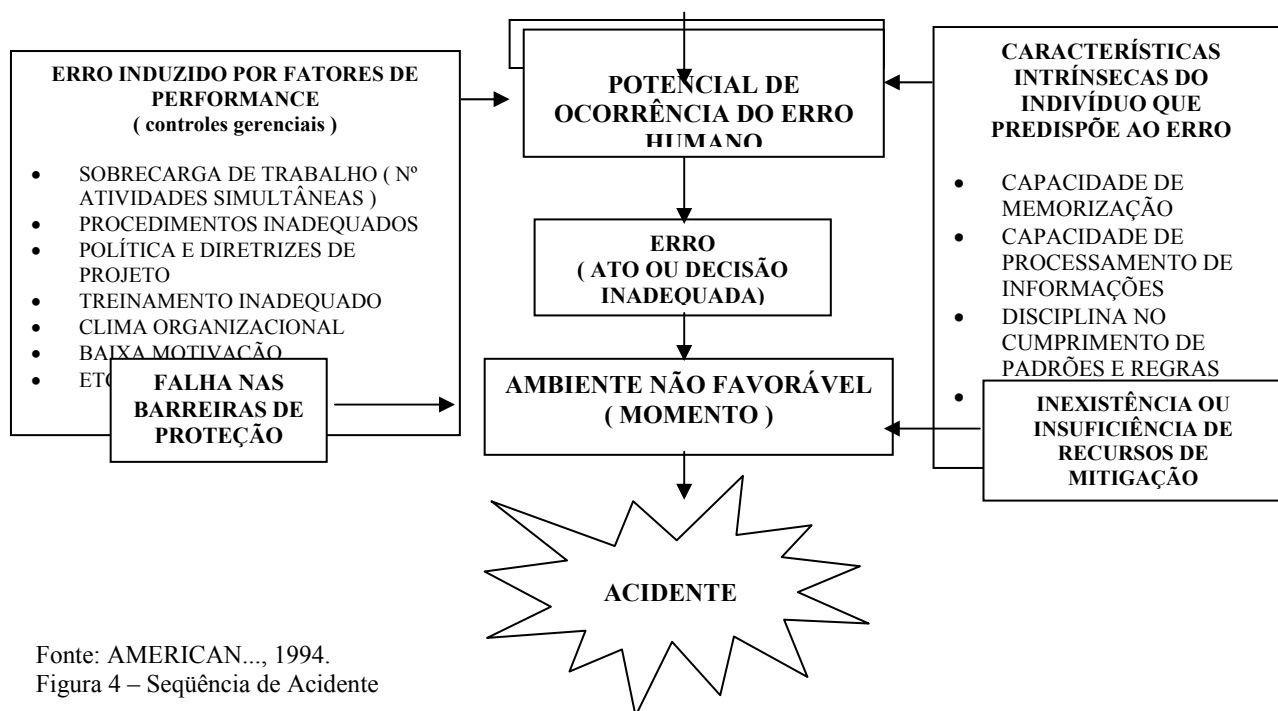
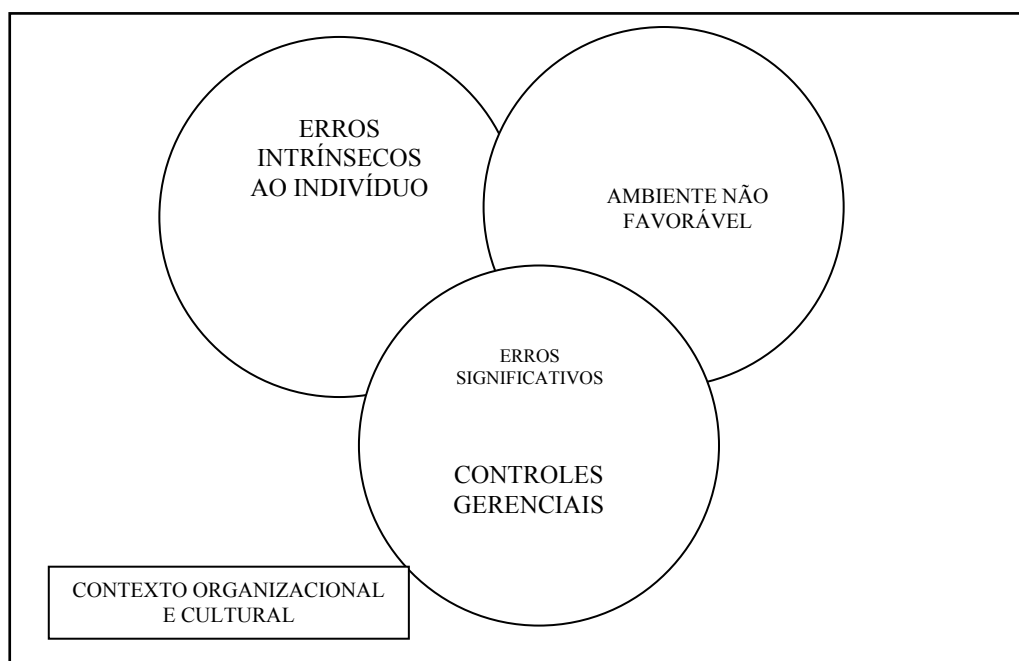
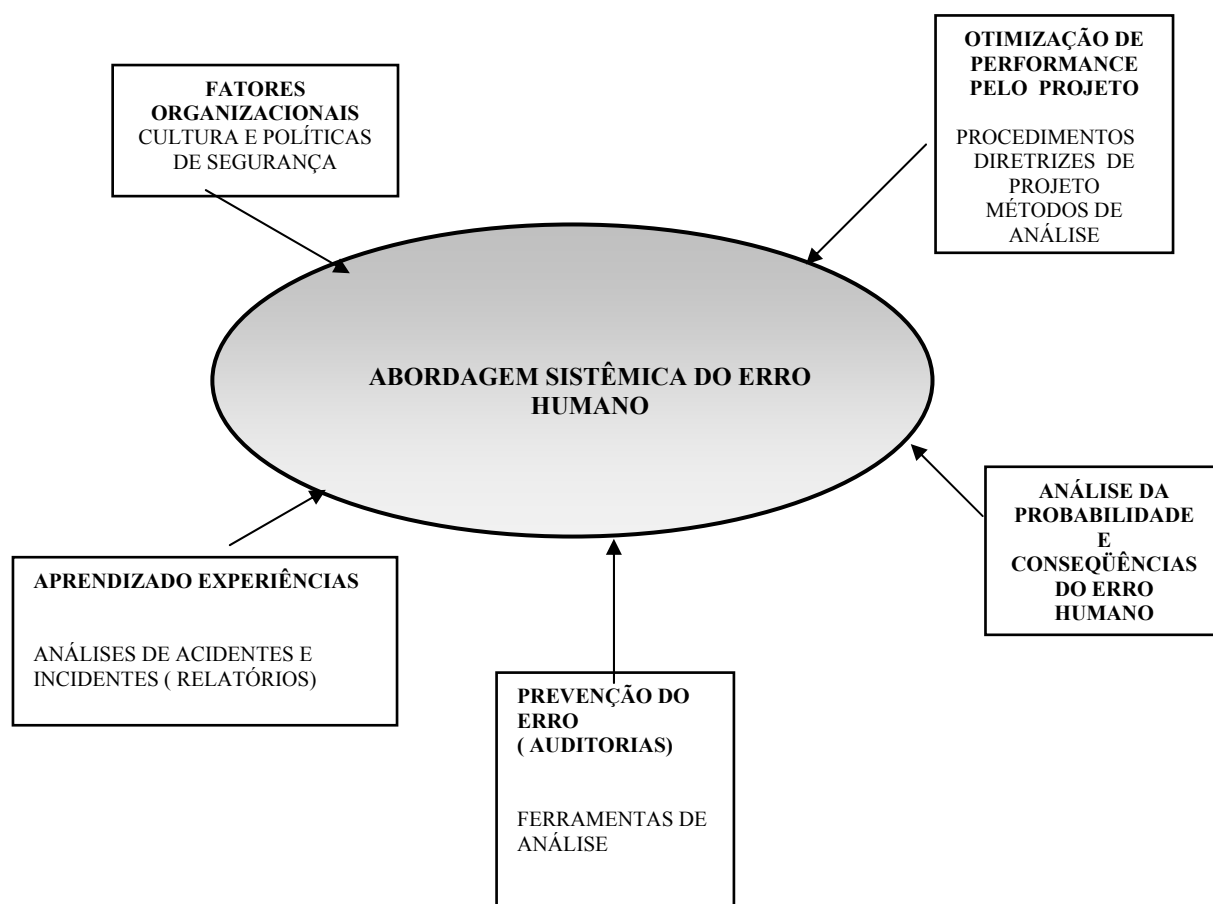
Na Europa e nos Estados Unidos da América, nota-se um aumento nos estudos relacionando às questões de qualidade e produtividade com segurança. Estudos mostram que os mesmos erros humanos são responsáveis por perdas na qualidade e segurança, dependendo, basicamente, de qual a magnitude do erro, onde e quando este ocorreu no processo (DUMAS, 1987; WHISTON; EDDERSHAW,1989, *apud* AMERICAN...,1994) . Esta afirmação permite-nos dizer que qualquer investimento na redução do erro humano trará, para a organização, não só benefícios na área de segurança, através da redução da ocorrência de acidentes com pessoas e ambientais, mas, também, uma otimização e redução de perdas no processo produtivo através da minimização dos erros que possam provocar perdas de qualidade e produtividade.

Analisando-se o erro humano segundo o ponto de vista da organização e na visão tradicional, assume-se que os erros humanos são causados, primariamente, pelo desconhecimento sobre determinado assunto ou atividade, ou pela falta de motivação.

Segundo a visão sistêmica de analisar o erro humano e segundo o guia de prevenção do erro humano publicado pelo Center for Chemical Process Safety (CCPS), da American Institute of Chemical Engineers (AICHE), em 1994, esta visão é inadequada e insufuciente, pois apresenta-se limitada para retratar os vários motivos possivelmente envolvidos na ocorrência de um erro humano. Este contraste de visão do erro como causa do acidente tem maiores

implicações quando se avalia como o erro humano é tratado na organização e quais as avaliações preventivas que são adotadas.

Abaixo, as Figuras 4 e 5 representam a sequência para ocorrência de um acidente, através da ocorrência de um evento iniciador e o impacto das questões inerentes ao indivíduo e a organização. A Figura 5 representa a ocorrência do erro humano com impacto significativo segundo uma abordagem sistêmica, retratando as questões associadas ao indivíduo, ao ambiente favorável ou não e à organização através das questões gerenciais.

Fonte: AMERICAN..., 1994.
Figura 4 – Seqüência de Acidente

Fonte : AMERICAN..., 1994.
Figura 5 - Abordagem do Erro Induzido Sistêmicamente

Fonte: AMERICAN..., 1994.
Figura 6 - Visão Geral da Abordagem Sistêmica do Erro Humano.

A Figura 6 representa então como implementar ações voltadas à minimização do erro humano na abordagem sistêmica do assunto.

Conforme apresentado na Figura 6, a essência da abordagem sistêmica é mostrar que existem outras causas associadas ao erro humano que não as unicamente associadas ao indivíduo executante da atividade propriamente dita, remetendo a um tratamento diferenciado do que a visão tradicional unicamente levaria, que poderia associar ações voltadas à busca de culpados e formas de punição, como maneira de minimizar a ocorrência dos erros.

Dentro da visão sistêmica, recomendam-se várias teorias, ferramentas e técnicas necessárias para conduzir a migração desta visão conceitual sistêmica do erro humano, da teoria para a implementação prática de metodologias que reduzam a ocorrência do erro.

O primeiro componente da abordagem sistêmica é a busca da otimização da performance do ser humano através do projeto de sistemas e equipamentos que reforcem e utilizem os aspectos fortes/positivos do ser humano e minimizem as limitações deste, melhorando assim a confiabilidade. Este componente é tratado e aprofundado em detalhes na engenharia de fatores humanos e ergonomia.

O segundo componente está associado à análise de riscos preliminar associada à probabilidade de ocorrência do erro humano e das suas consequências na realização de atividades e tomadas de decisão. Esta abordagem associa este estudo da probabilidade da ocorrência do erro humano e sua significância com probabilidade da ocorrência de falhas outras no sistema e suas consequências.

O terceiro componente está associado à prevenção do erro através de técnicas de auditoria que permitam avaliar como os fatores associados ao erro humano estão sendo conhecidos e gerenciados na planta, e como ações estão sendo tomadas para evitar reincidências.

O quarto componente relaciona-se à capacidade da organização em aprender com as experiências obtidas através da área operacional. Este componente define diversas ferramentas para fortalecer a efetividade do processo de *feedbacks.*

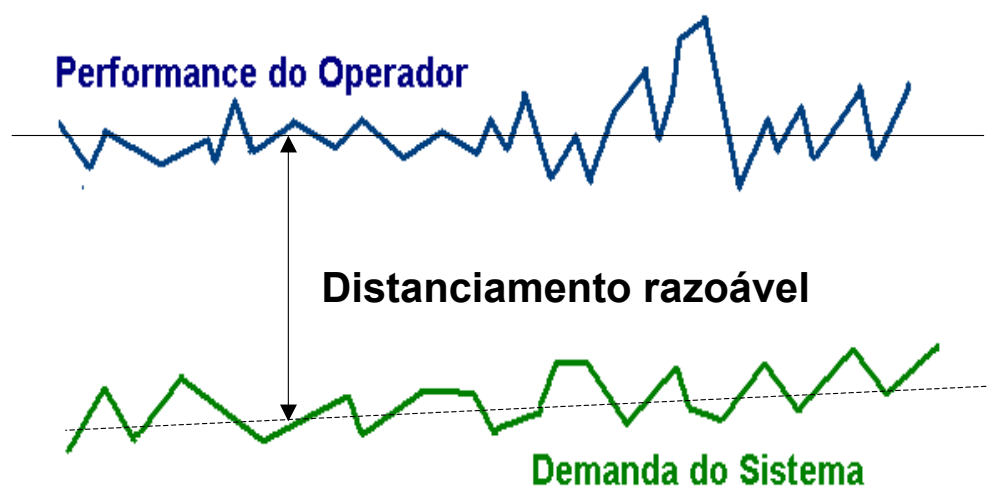
O quinto componente está associado à influência dos fatores organizacionais na ocorrência do erro humano. Os dois maiores tópicos nesta dimensão, que devem ser considerados como parte de um programa para redução dos erros humanos são a criação de uma cultura apropriada de segurança voltada para o entendimento e o tratamento adequado destas questões, como também, e principalmente, a inclusão da estratégia de redução dos erros humanos na política e princípios de segurança da organização. Como forma de se assegurar uma cultura adequada de segurança voltada à prevenção do erro, deve-se garantir a participação dos trabalhadores na criação e implementação dos programas e iniciativas gerenciais, a inexistência de atitudes e práticas gerenciais que busquem a identificação e a punição de "culpados", e a existência explícita de que as decisões e ações de segurança devem sempre estar em primeiro lugar. Além disso, tanto as lideranças como os trabalhadores devem receber *feedbacks* que indiquem e sinalizem que a participação em iniciativas de redução do erro humano tem um impacto real na forma como as unidades industriais são operadas, são projetadas e são mantidas. Um outro importante aspecto relacionado com a influência sistêmica na ocorrência de erros humanos que podem levar a perdas nas organizações é a necessidade da existência de políticas que garantam o envolvimento da alta liderança nesta questões. Isto implica que as gerências percebem e conheçam que os recursos a serem investidos nos programas que levam à redução e eliminação do erro humano devem ter importância e prioridade nas decisões.

Segundo a visão de erro humano que foca a relação entre a demanda requerida pelo trabalho e atividade e dos recursos disponíveis ao homem para realização do mesmo, quando esta diferença é negativa, ou seja, quando a demanda é maior que os recursos disponíveis (humanos, técnicos e organizacionais), existindo assim uma situação de risco, tem-se uma grande probabilidade de ocorrência de erros que podem levar à ocorrência de perdas (AMERICAN ...,1994).

Na Figura 7 abaixo, pode-se claramente, identificar que a relação entre as demandas requeridas pelo trabalho através das características intrínsecas ao mesmo, e dos recursos exigidos

a nível organizacional e da capacidade do homem para realizar a atividade devem sempre estar a um distanciamento razoável, afim de sempre manter a performance do homem acima da demanda do sistema.

Enquanto a performance do trabalhador estiver acima da demanda do sistema, nas diferentes situações do trabalho, ou seja, em situação normal ou de emergência, poderemos dizer que esta é uma atividade sem fadiga e onde a probabilidade de ocorrência de erro humano é baixa.

Da mesma forma, pode-se dizer que toda vez que a demanda do sistema for superior à performance do operador, temos uma situação de fadiga onde a probabilidade de erro humano se torna maior.

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE), 1994.
Figura 7 - Curva da Demanda do Sistema e Performance do Homem.

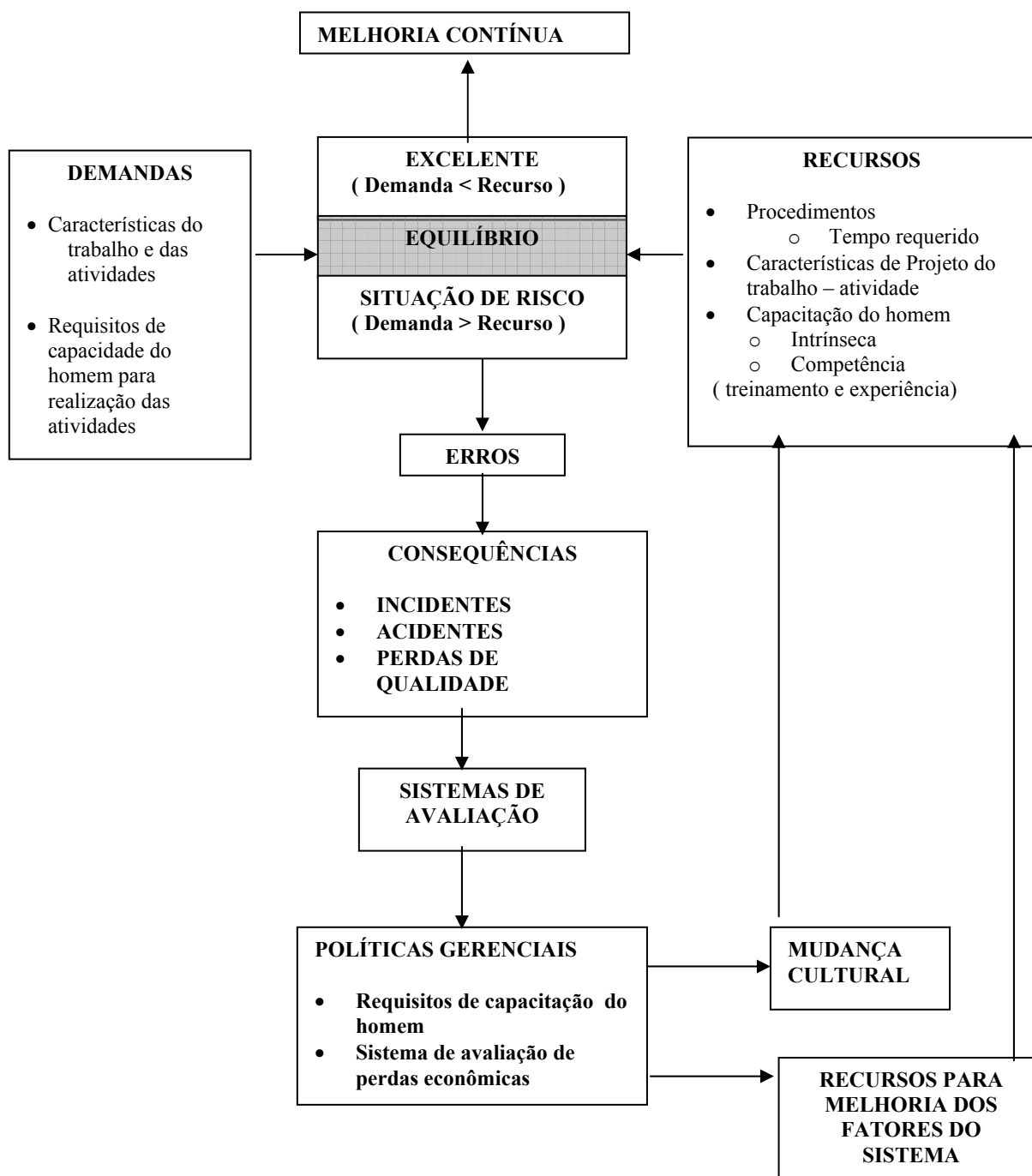
Abaixo, a Figura 8 expressa esta visão da análise da demanda e dos recursos disponíveis na realização de uma atividade e como ocorrem os erros humanos em qualquer atividade.

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE), 1994.

Figura 8 - Visão do Erro Humano pela Demanda-Recurso

Segundo a análise da visão demanda-recursos, a ocorrência de erros humanos leva a várias consequências. Uma estratégia típica para evitar a ocorrência do erro humano, segundo esta visão, é aplicar os recursos disponíveis para realizar mudanças que venham a aprimorar a performance do homem e, portanto, a redução do erro. Isto pode envolver intervenções como

melhoria nos padrões e critérios de projeto, procedimentos, treinamento ou ações que contribuam para a mudança da cultura da organização. Além destas medidas, deve-se também trabalhar na redução no nível de demanda, de forma que, independentemente da situação, esta não exceda as capacidades do homem e dos recursos disponíveis para realização da atividade (AMERICAN ...,1994).

2.4 ENTENDENDO A PERFORMANCE E O ERRO HUMANO

Neste ítem, afim de proporcionar um melhor entendimento sobre o erro humano e o porquê da sua ocorrência, faremos uma comparação entre quatro perspectivas de erro humano tratadas no guia para prevenção do erro humano, publicado em 1994, pela American Institute of Chemical Engineers. A primeira perspectiva é a maneira tradicional de abordagem da engenharia de segurança para tratar acidentes e erro humano. Esta abordagem foca o indivíduo ao invés de focar as causas sistêmicas do erro. A maior ênfase, nesta abordagem, é na modificação do comportamento do homem, através de campanhas ou através de punições. A área de maior aplicação desta perspectiva é a da segurança ocupacional, que foca os riscos que podem afetar o trabalhador, individualmente, ao invés de tratar a questão da segurança de processos, que enfatiza a busca da identificação e eliminação das falhas sistêmicas que poderiam causar perdas para o processo, impacto ao meio Ambiente, como também danos ao ser humano. Os erros são, primeiramente, vistos como causados por falta de motivação para prevenção, falta de disciplina ou falta de conhecimento. Estas causas são entendidas como grandes causadoras da ocorrência de atos inseguros. Estes atos inseguros, em combinação com as condições inseguras, como, por exemplo, a presença de substâncias tóxicas, são vistos como os principais causadores dos acidentes.

A segunda perspectiva a ser considerada aborda as questões relacionadas com a engenharia de fatores humanos ou seja a ergonomia. Esta abordagem enfatiza que a relação entre a capacidade do homem e as demandas do sistema em diferentes situações do processo é que

caracteriza a maior fonte do erro humano. Nesta perspectiva, a principal ação a ser tomada para minimizar os erros humanos é assegurar que, nas etapas de concepção e projeto dos sistemas e processos, seja assegurada a análise dos aspectos físicos e mentais das características do ser humano. Estas considerações incluem aspectos de :

- Projeto do local de trabalho para contemplar as necessidades dos trabalhadores nas dimensões físicas e mentais;
- Projeto da interface homem-máquina como painéis de controle para garantir que as informações de processo possam ser lidas e interpretadas, a fim de que as ações de controle possam ser realizadas pelo homem de forma adequada;
- Projeto das condições ambientais de contorno, como níveis de ruído, temperatura, iluminamento , a fim de minimizar os efeitos negativos físicos e psicológicos que poderiam levar a condições de operação indesejáveis;
- Otimização das condições mentais e psíquicas do trabalhador.

A terceira perspectiva a ser considerada aborda a engenharia cognitiva. A diferença principal entre esta perspectiva e a da engenharia dos fatores humanos, a ergonomia, que se foca primeiramente nas informações de entrada e no controle das ações de saída do operador, é que esta perspectiva introduz a abordagem da psicologia cognitiva. Em um primeiro nível, a visão cognitiva ainda está preocupada com o processamento das informações pela pessoa, avalia como foi adquirida a informação, analisa como esta informação foi processada e usa esta para guiar uma ação/comportamento. A diferença principal da abordagem cognitiva é que esta enfatiza a importância do conhecimento do todo, das intenções, dos objetivos, tendo esta dimensão uma implicação central para o comportamento do homem. O termo cognitivo vem do latin *cognoscere* que quer dizer conhecer.

Ao invés do homem ser considerado como um elemento passivo no sistema, ou seja, ser considerado como um componente, uma válvula ou uma bomba, a abordagem cognitiva

enfatiza que as pessoas direcionam suas ações, a fim de atingirem objetivos e metas implícitos ou explícitos por eles conhecidos, devendo, portanto, não serem considerados como “caixa preta”. A abordagem cognitiva tem tido muita influência nos últimos anos nos estudos sobre erro humano em indústrias químicas e petroquímicas, como também em plantas nucleares.

A quarta perspectiva à ser considerada aborda o sistema sócio técnico. Esta abordagem define que a performance do homem não pode ser considerada de forma isolada da cultura, dos fatores sociais e das políticas de gerenciamento existentes na organização. Entende-se como entre estes fatores a garantia do envolvimento dos trabalhadores na elaboração e revisão de procedimentos e padrões, a existência de uma política gerencial de como desenvolver estes procedimentos de forma que seja assegurada esta participação. Esta perspectiva prega que a existência de excelentes procedimentos escritos não garantem que eles serão seguidos. Se a cultura existente encorajar os trabalhadores a não cumprirem os procedimentos para conseguirem atingir níveis de produção e outras metas ou objetivos gerenciais, então, acidentes e perdas continuarão a ocorrer. Esta perspectiva é essencialmente implementada e validada de cima para baixo na organização, onde são tratadas as questões de quais as implicações das políticas e princípios gerencias não seguidos e os impactos na ocorrência de erros humanos com potencial de causar grandes perdas. O sistema sócio técnico está também preocupado com as implicações das ações gerenciais nas questões de qualidade e produtividade.

O Quadro 2, abaixo, apresenta um painel comparativo entre as quatro perspectivas e suas particularidades.

FONTE DO ERRO ABORDAGEM E ESTRATÉGIA DE CONTROLE	PRINCÍPAIS ÁREAS DE APLICAÇÃO	ABORDAGENS TÍPICAS	FREQUÊNCIA DE USO NA INDÚSTRIA
Abordagem tradicional da engenharia de segurança através de programas de motivação, comportamento,mudança de atitude.	• Segurança ocupacional • Operações manuais	• Seleção • Mudança de comportamento attravés de campanhas motivacionais • Premiações e punição	Muito Comum
Engenharia dos fatores humanos – Abordagem ergonômica (Controle do erro no projeto, auditorias e no reaproveitamento de experiências operacionais)	• Segurança ocupacional e de processos • Operações manuais e com controle • Operações de rotina	• Análise de tarefas • Descrição da atividade/trabalho • Projeto do local de trabalho • Projeto da interface homem-máquina/processo • Avaliação ambiente de trabalho • Análise de carga de trabalho	Não frequente
Abordagem da engenharia cognitiva (controle do erro pelo projeto, auditoria e contribuição da área operacional,com particular contribuição na solução de problemas existentes e estratégia de diagnósticos)	• Segurança de processos • Decisões tomadas e problemas resolvidos • Atuação e análise também em situações anormais de operação	• Aspectos cognitivos nas análises de tarefa • Suporte para tomada de decisões durante situações emergenciais • Análise de incidentes e acidentes com base em ferramentas de análises de falhas humanas	Raro
Abordagem sócio técnica (Controle dos erros humanos através de mudanças na política e princípios de gerenciamento e na cultura)	• Segurança ocupacional e de processos • Fatores organizacionais que impactam na segurança • Aspectos da política de gereciamento • Cultura	• Entrevistas e diálogos • Pesquisas • Redesenho organizacional • Gerenciamento focado na excelência	Mais frequente nos últimos anos

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE), 1994.

Quadro 2 - Comparação entre as várias Perspectivas do Erro Humano.

2.5 FATORES QUE AFETAM A PERFORMANCE DO HOMEM EM UMA INDÚSTRIA QUÍMICA

Neste ítem avaliaremos, segundo a visão do AICHE-CCPS (AMERICAN ...,1994), como a performance do homem pode afetar a segurança de uma indústria química, levando-se em consideração os erros e fatores humanos envolvidos.

Considerando-se o sistema como fator de indução ao erro, vimos que os erros podem ser causados através de uma conjunção de aspectos ambientais, os aspectos intrínsecos associados ao ser humano e alguns eventos iniciadores que desestabilizam o sistema e atuam como gatilhos (eventos) iniciadores de uma sequência de erros. Essa sequência de erros iniciada pode resultar ou não na ocorrência de uma perda, dependendo, exclusivamente, da atuação de alguma barreira de proteção que esteja entre o evento iniciador e a perda propriamente dita.

Segundo o guia de prevenção do erro humano publicado pelo AICHE-CCPS (AMERICAN ...,1994), pode-se definir um termo PIF ("Performance influencing factors") como sendo fatores que determinam a proximidade da ocorrência do erro humano ou a efetividade na performance humana. Podemos, assim, notar que PIF´s não estão diretamente associados com o erro humano. PIF´s como qualidade dos procedimentos, nível de stress, efetividade dos treinamentos e outros variarão de boas práticas e padrões para performance fora dos padrões aceitáveis. Quando os PIF´s relevantes para uma situação particular estão em ótima situação, então, a performance estará também em ótima situação, e a probabilidade de ocorrência de erro humano estará minimizada.

Fazendo uma analogia com a dimensão equipamentos, os PIF´s correspondem aos fatores de projeto, operacionais e de manutenção que afetam a segurança dos equipamentos, como, por exemplo, segundo a AICHE-CCPS (AMERICAN ...,1994), a segurança de um

equipamento como uma bomba, em determinado momento, pode ser influenciada por uma série de fatores como:

- Tipo e temperatura do produto processado;
- Presença de acessórios de segurança como: Válvulas de retenção, acionamento remoto;
- Problema com suprimento de energia;
- Efetividade da manutenção;
- Condições ambientais (presença de vapores corrosivos);
- Problemas operacionais (Permitir que a bomba opere contra uma válvula de bloqueio fechada)

Vale destacar que em geral a performance de um equipamento ou sistema será muito mais previsível que a performance operacional associada aos fatores humanos. Isto ocorre devido a performance humana ser diretamente impactada por uma série de parâmetros objetivos e subjetivos.

A partir da conceituação e definição dos PIF´s avalia-se segundo o CCPS (Center for Chemical Process Safety) aplicações na indústria química , com o objetivo de identificar e criar programas que permitam a redução e o gerenciamento dos potenciais erros e fatores humanos. Esta é uma das abordagens pró ativas do conceito. Esta aplicação pode e deve ser usada por profissionais de processo como uma estratégia de participação e envolvimento dos trabalhadores no programa.

Outra aplicação importante está associada com o uso dos PIF´s como ferramenta facilitadora nos processos de investigação de acidentes e incidentes.Todas as investigações de perdas devem passar por uma análise da possível contribuição dos fatores e erros humanos.

Afim de facilitar o entendimento dos fatores que influenciam na performance do homem, os PIF´s descritos no Quadro 3, seguem critério de classificação que pode ser utilizado como modelo. A descrição e explicação detalhada de cada ítem e sub ítem pode ser analisada no *Guidelines for Preventing Human Error in Process Safety* (AMERICAN..., 1994).

ESTRUTURA DE CLASSIFICAÇÃO DOS FATORES QUE INFLUENCIAM A PERFORMANCE (CCPS)	
AMBIENTE OPERACIONAL	**CARACTERÍSTICAS ASSOCIADAS ÀS ATIVIDADES**
1. PROCESSO QUÍMICO a. Ambiente do processo b. Frequência de envolvimento e intervenção do homem c. Complexidade do processo d. Percepção do perigo e. Dependência do tempo-velocidade de reação requerida f. Frequência de eventos imprevistos	1. PROJETO DOS EQUIPAMENTOS a. Acesso e Localização b. Identificação e tagueamento c. Proteções contra acidentes com pessoas
2. AMBIENTE FÍSICO a. Ruído b. Luminosidade c. Condições de temperatura d. Condições atmosféricas	2.PROJETO PAINEL DE CONTROLE a. Informações disponíveis b. Identificação de displays e controles c. Compatibilidade com expectativas dos usuários d. Agrupamento de informações e. Informações críticas e Alarmes
3. CARGA DE TRABALHO a. Horas de trabalho e de descanso b. Trocas e rotação de turnos e trabalho noturno	3. PROCEDIMENTOS DE TRABALHO a. Instruções claras b. Nível de descrição c. Especificações das condições de entrada e saída d. Qualidade das sinalizações e. Nível de suporte a diagnóstico de falha f. Compatibilidade com a experiência operacional g. Frequência de atualização
	4. TREINAMENTO a. Conflitos entre requisitos de segurança e de operação b. Treinamento na operação de novos equipamentos c. Capacitação em situações não rotineiras d. Treinamento e prática nos procedimentos para situações de emergência e. Treinamento na operação de sistemas automatizados
CARACTERÍSTICAS PESSOAIS DO TRABALHADOR	**FATORES ORGANIZACIONAIS E SOCIAIS**
1.EXPERIÊNCIA a. Perfil b. Experiência com eventos e processos com nível de estresse	1.COMUNICAÇÃO E "TEAM WORK" 2. DISTRIBUIÇÃO DO TRABALHO 3. DEFINIÇÃO DE RESPONSABILIDADES 4. LIDERANÇA E AUTORIDADE 5. PLANEJAMENTO E ORIENTAÇÃO
2.FATORES DE PERSONALIDADE a. Motivação b.Predisposição a acidentar-se c. Teoria do risco via Homeostasis d. Foco e objetividade e. Controle emocional f. Personalidade tipo A versus tipo B	6. POLÍTICAS GERENCIAIS a. Comprometimento Gerencial b. " Cultura dos procedimentos perfeitos" c. Confiança excessiva em métodos de análises de risco técnicos, sem consideração dos aspectos de erro humano d. Políticas de aprendizado organizacional
3. CONDICIONAMENTO FÍSICO E IDADE	

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE), 1994.

Quadro 3 - Classificação dos Fatores Humanos que Influenciam a Performance

Estes fatores mencionados no Quadro 3 devem ser considerados nas etapas de projeto dos sistemas e equipamentos, que será detalhado no Capítulo 3 deste trabalho.

2.6 MÉTODOS PARA ANALISAR, IDENTIFICAR E REDUZIR O ERRO HUMANO

Neste subcapítulo, serão apresentadas técnicas desenvolvidas através da Análise de confiabilidade humana (Human Reliability Analisys – HRA) utilizadas em indústrias e organizações a fim de se avaliar a performance humana em diferentes etapas do ciclo de vida de uma instalação, contemplando as fases de concepção, projeto, construção, implantação, operação ou manutenção.

Segundo o AICHE-CCPS (AMERICAN ...,1994), como a aplicação de métodos através de avaliações quantitativas nem sempre é possível, devido, principalmente, à complexidade das metodologias existentes e da falta de dados históricos, o enfoque deste estudo é voltado para a aplicação de técnica qualitativa que se propõe a reduzir a probabilidade das falhas humanas no cumprimento das tarefas, sem que seja necessário o cálculo do valor da probabilidade.

Através de um breve histórico, será retratada a origem das técnicas de avaliação de confiabilidade humana. Estes estudos remontam à época da segunda guerra mundial, quando a complexidade dos equipamentos utilizados trouxe, pela primeira vez, a preocupação com a capacidade humana em operá-los. Como matéria ou disciplina formal, a confiabilidade humana nasceu logo após o surgimento da teoria da confiabilidade, sendo aplicada, principalmente, no campo militar através do desenvolvimento de sistemas de armas nucleares (AMERICAN ...,1994).

A partir dos anos 50, diversos estudos começaram a ser realizados na área de confiabilidade humana, voltados, principalmente, para o ambiente nuclear. Estes estudos possibilitaram um processo de sistematização para as análises de risco realizadas na indústria nuclear, resultando, assim, em diferentes técnicas, considerando diversos aspectos dos sistemas e da atuação humana. (AMERICAN ...,1994)

Um importante referencial surgido na década de 60, período de crescente desenvolvimento das técnicas de confiabilidade humana, foi a técnica THERP (Tecnique for Human Error Rate Prediction), que consiste na predição da falha humana. Esta técnica atingiu seu auge nos anos 70, quando estava pronta para ser aplicada à estudos industriais reais.

Dos anos 70 até meados dos anos 80, uma crescente variedade de métodos de análise de confiabilidade humana começou a emergir e, sem dúvida, o grande impulso nesta área veio com o acidente na usina nuclear Three Mile Island, nos Estados Unidos, em 1979, que contribuiu com ímpeto marcante, incentivando, assim as atividades de pesquisa. Neste acidente foi quando realmente se reconheceu que a ação humana, condicionada por um ambiente desfavorável, poderia levar sistema de risco a situações indesejáveis. Durante o acidente, em apenas treze segundos, houve três falhas que interagiram, tornando impossível aos operadores fazerem um diagnóstico a tempo. Somente oito minutos depois, quando muitos danos já haviam se iniciado, e os operadores se encontravam sem entender a performance da planta, é que se iniciaram as ações no sentido de parar o desenvolvimento subseqüente das falhas e dos danos, conforme relatado por Perrow (1984).

Ainda durante os anos 80 quando, apesar da incorporação dos aspectos de conhecimentos estatísticos à análise de confiabilidade , fundamentou-se o desenvolvimento de outras técnicas estruturadas como PHEA (Prediction Human Error Analysis), SHARP (Systematic Human Acting Reliability Procedure), HEART (Human Error Assessment and Reduction Technique), dentre outras. Entretanto, ao final da década de 80, em 1989, surgiram questionamentos sobre a aplicabilidade das técnicas até então existentes, pois argumentou-se que as operações envolvidas nas análises não se limitavam à atividades simples, pois a própria complexidade dos sistemas e dos processos, bem como a variabilidade do contexto, tornavam impossível a realização de análises baseadas nos modelos até então disponíveis para a confiabiliade humana.

Com isto, desde 1990, vários pesquisadores vêm trabalhando em uma segunda geração de métodos de análise de riscos que objetivam atender melhor aos seguintes requesitos:

- Permitir uma melhor integração com os métodos de análises de risco, considerando diversos tipos de erros humanos;
- Permitir a avaliação da confiabilidade humana em tarefas complexas, que considerem operações cognitivas;
- Considerar a influência do contexto nas operações humanas, inclusive o contexto organizacional;
- Utilizar inteligência artificial, desenvolvendo simuladores cognitivos;
- Ter ferramentas computacionais associadas, para permitir a reprodução dos resultados.

No entanto, estes métodos ainda não conseguiram substituir os métodos da primeira geração (THERP, TRC, PHEA), que continuam a ser aplicados.

Devido aos questionamentos quanto à real aplicabilidade dos métodos quantitativos, serão apresentados alguns métodos qualitativos, encontrados na literatura que são capazes de realizar as avaliações de falhas humanas, ou seja, métodos que, apesar de não envolverem nenhuma base numérica, apresentam resultados satisfatórios.

Para tal, serão apresentadas as metodologias que obtiveram classificação satisfatória no estudo realizado por Figueirôa Filho (1999), quando foram definidos critérios para a avaliação da aplicação dos métodos mais usados para a avaliação de falhas humanas. Os critérios utilizados para realização desta análise comparativa foram sete, a saber:

1. **Capacidade de avaliar os riscos das falhas humanas** – o método deve avaliar as conseqüências das falhas humanas, concentrando-se naquelas de alto risco para segurança de pessoas, equipamentos e instalações.

2. **Capacidade de identificar as falhas** – é fundamental que o método consiga identificar as falhas humanas que podem ocorrer na execução da tarefa. É difícil prever todos os tipos de falhas que podem ocorrer, principalmente, se considerarmos as situações de violações, mas quanto maior o número de tipos de falhas humanas pudermos identificar, melhor será a análise das soluções, reduzindo a probabilidade de que o sistema falhe devido a esta causa.

3. **Capacidade de avaliação da interface homem - máquina** - a interface entre o homem e a máquina também deve ser contemplada na análise, pois é a maior fonte para eliminação das falhas humanas. É fundamental para um método que possui objetivo de avaliar os riscos destas falhas e evitá-las, identificar as deficiências do equipamento para este tipo de problema. Este critério vai estar centrado, principalmente, no conceito que será chamado neste texto de "Sistema Tolerante ao Erro". Este conceito é uma combinação de conceitos defendidos por Norman (1981), Prabhu e Drury (1992), Greenberg (1993) e Wiener (1993). Fundamenta-se na noção de que o erro sempre ocorrerá, e a primeira e mais eficaz maneira de evitá-lo é no projeto do equipamento, conseguindo-se, assim, a identificação e antecipação dos fatores humanos que podem causar os acidentes, fatores estes de preferência identificados na etapa de projeto do sistema/equipamento. O Sistema Tolerante ao Erro possui três princípios básicos: **Princípio da Restrição** – o sistema deve limitar as ações que levem à falha (uma única maneira de se instalar o componente); o **Princípio da Visibilidade** – o sistema deve dar visibilidade à falha (aparece um alarme, o acesso não pode ser fechado); e o **Princípio da Recuperação** – o sistema deve permitir a recuperação da falha antes ou durante a sua operação normal. Do ponto de vista operacional na indústria o ideal é que o equipamento/sistema atenda a estes três princípios, permitindo ser montado/operado de uma única maneira, com uma interface homem – máquina que garanta a visibilidade da falha e que permita a recuperação da mesma.

4. **Capacidade de relacionar falhas individuais com falhas latentes -** como já foi dito, os acidentes são causados por uma combinação de vários eventos. É necessário, portanto, conhecer quais as combinações que levam em consideração fatores que o sistema ainda não tornou visível (latentes) com as falhas individuais cometidas pelos que executam tarefas neste.

5. **Capacidade de avaliar o procedimento** - as tarefas de manutenção são feitas baseadas em procedimentos escritos, os quais devem ser seguidos passo a passo. O erro em um dos passos pode afetar toda a segurança do sistema. Como esta é uma característica deste tipo de trabalho, o método deve ser capaz de avaliar os passos individuais do procedimento de forma a verificar se ele induz a falha, e identificar as relações negativas entre estes (inversões de passos que levariam à omissão, por exemplo).

6. **Facilidade de aplicação** - qualquer método só será útil se puder ser absorvido facilmente pelos profissionais que trabalharão com ele. Como as avaliações de falhas humanas devem ser realizadas no ambiente da aviação por engenheiros e técnicos especializados, que possuem outras atividades de trabalho, o método deve apresentar-se sem suposições escusas, fórmulas complexas, necessidade de experiência no mesmo para ajustá-lo à realidade e deve ser compreensível passo a passo.

7. **Tempo gasto na avaliação** - um método será aceito mais facilmente quanto menor for o tempo gasto para aplicá-lo.

Segundo o American Institute of Chemical Engineers (AICHE) (1994), dentre os doze métodos avaliados, os que obtiveram melhor graduação segundo os critérios supracitados foram PHEA, WORK ANALYSIS, FMEA, HAZOP e CHECK LIST. Vale ressaltar que esses foram os métodos com melhores resultados devido à valorização do enfoque qualitativo nos critérios utilizados para a realização da análise comparativa entre os métodos mais usados para a avaliação de falhas humanas.

Análise Preventiva de Falha Humana (*Predicitive Human Error Analysis - PHEA*)

Esta técnica tem seu foco voltado para a análise das tarefas humanas dentro de uma instalação industrial. Existem alguns estágios para sua aplicação, sendo estes:

- **Seleção dos Elementos da Tarefa** – Identificar, nas tarefas, os passos que apresentam alto risco quando sejam executados incorretamente. Caso a tarefa tenha sido identificada como crítica, e sendo executada incorretamente, deve-se analisar todos os passos que compõe a mesma.
- **Análise Detalhada –** Neste estágio, é utilizada, pelo analista, uma classificação com os erros possíveis de acontecerem em cada passo, anteriormente, identificado como crítico, conforme apresentado na Figura 9, a seguir. Primeiro, o analista deve perguntar se algum dos passos identificados está relacionado com alguma das categorias de erro, perguntando por exemplo: "É possível que esta ação de fechar a válvula tenha sido incompleta?". Caso nenhuma das categorias represente o passo, então, ele não será mais considerado neste estágio. Isto permite que grupos de tarefas sejam eliminados em um estágio inicial da análise, reduzindo, assim, o número de questões que precisam ser feitas posteriormente. Neste estágio, é necessário que o analista faça uma avaliação geral de qualquer condição de indução de erro devido a fatores de influência de baixo desempenho na situação considerada, para determinar se estes são prováveis fontes de qualquer erro a ser considerado no próximo estágio da análise. Exemplos típicos de condições de indução de erros são: procedimentos pouco detalhados, *layout* de interface inadequada, momentos de *stress*, etc.

Erros de Ações
A1 - Ação muito longa/curta
A2 - Ação fora de hora
A3 - Ação na direção errada
A4 - Ação muito grande/pequena
A5 - Desalinhamento
A6 - Ação certa no objeto errado
A7 - Ação errada no objeto certo
A8 - Ação omitida
A9 - Ação incompleta
A10 - Ação errada no objeto errado

Erros de Verificação
V1 - Verificação omitida
V2 - Verificação incompleta
V3 - Verificação certa no obejto errado
V4 - Verificação errada no objeto certo
V5 - Verificação nebulosa
V6 - Verificação errada no objeto errado

Erros de Recuperação
R1 - Informação não obitida
R2 - Informação errada obitida
R3 - Informação recuperada incompleta

Erros de Transmissão
T1 - Informação não transmitida
T2 - Informação errada transmitida
R3 - Informação transmitida incompleta

Erros de Seleção
S1 - Seleção omitida
S2 - Seleção errada

Erros de Plano
P1 - Precondições de plano ignoradas
P2 - Plano incorreto executado

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE), 1994.
Figura 9 - Classificação de Erros Usada na Análise Preditiva de Falhas Humanas

- **Documentação** – Para cada erro crítico, as implicações ou conseqüências para o sistema e as possibilidades de recuperação do erro são descritas no mesmo formato. Isto facilita o desenvolvimento do projeto ou outras soluções para prevenir o erro. A seguir, no Quadro 4, abaixo está apresentado o formato utilizado para documentar a análise.

TASK STEP	TASK TYPE	ERROR TYPE	DESCRIPITION	CONSEQUENCES	RECOVERY	ERROR REDUCTIONSTS TRATEGY
1.1 Mover o *set point* para o valor medido	Ação	Ação Omitida	*Set Point* deixado no valor original	Sistema pode operar no *set point* errado. Podem ocorrer danos ao processo (Moderado)	Notável mudança do valor da variável pode ocorrer no passo 1.2	Introdução de lista de verificação
	Ação	Ação correta no objeto errado	*Set Point* mudado no controlador errado	Sistema pode operar no *set point* errado. Podem ocorrer danos ao processo (Moderado)	Notável mudança do valor da variável pode ocorrer no passo 1.2	Colocar identificação clara dos controles de *set point* para distingui-los facilmente

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE), 1994.
Quadro 4 - Documentação dos Resultados de uma Análise de Erro Humano

A Análise Preditiva de Falhas Humanas se apresenta como uma técnica rigorosa e exaustiva que provê uma ligação explícita com os resultados da análise de tarefas. Um estudo de validação, realizado por Murgatroyd e Tait (1987), mostrou que esta técnica foi capaz de predizer uma alta proporção de falhas com conseqüências sérias (98%) nas tarefas de calibragem de um equipamento.

É importante observar que esta técnica demanda substancial investimento de tempo e de esforço, caso exista um grande número de passos por tarefas para serem analisados. Outro ponto que deve ser destacado é que o sucesso na aplicação desta técnica requer um conhecimento detalhado das tarefas que estão sendo avaliadas, sendo, também, necessário que os analistas estejam bem treinados para a correta interpretação das questões.

Análise de Trabalho (*WORK ANALYSIS*)

Esta técnica foi desenvolvida em 1985, por Petersen e Rasmussen (*apud* AMERICAN...,1994). Define os principais passos para a realização de uma Análise de Trabalhos:

- Análise de Seqüência do Elemento Tarefa :

(a) Defina os elementos que podem ser omitidos ou trocados sem afetar a probabilidade de que o objetivo seja alcançado.

(b) Defina rotas alternativas que também possam alcançar o objetivo.

(c) Submeta cada uma das rotas separadamente às análises seguintes.

- Análise dos Passos das Tarefas :

(a) Defina o critério para o sucesso total da tarefa ou passo da tarefa em análise.

(b) Defina os pontos na seqüência onde erros cometidos previamente possuem alta probabilidade de serem recuperados.

(c) Defina ações erradas ou seqüências de ações que possam levar a efeitos inaceitáveis na tarefa.

(d) Identifique mecanismos de erro para estas ações que possam levar à efeitos inaceitáveis na tarefa.

(e) Identifique nos pontos levantados no passo "b", erros que possam levar os mecanismos de recuperação a não obter sucesso.

(f) Quantifique usando alguma técnica de Análise de Confiabilidade Humana.

(g) Se as probabilidades de recuperação do erro no ponto identificado no passo "b" são avaliadas como suficientemente altas, ignore nas ações precedentes a estes pontos.

(h) Se não, repita o passo "c" para estas seqüências.

- Análise Potencial de Modos de Falhas Comuns:

(a) Erros podem afetar outros sistemas que não o que se está trabalhando.

- Análise dos Efeitos de Distúrbios das Tarefas:

(a) Avalie distúrbios nos recursos como indisponibilidade de ferramentas, instrumentos, pessoal, etc.

(b) Avalie os efeitos da indisponibilidade de ferramentas, equipamentos, pessoal, etc., para cada um dos passos das tarefas não cobertas por recuperação e para erros recuperados e avaliados.

(c) Avalie a freqüência das improvisações que podem ocorrer se os distúrbios considerados no passo "b" ocorrerem.

(d) Para a seqüência de tarefa improvisada identificada no passo "c", repita as análises descritas nas primeiras três seções.

O método provê uma análise exaustiva das falhas em ambas as condições normal e com distúrbios, sendo que os efeitos dos distúrbios nas tarefas são explicitamente cobertos. Um outro ponto importante é que a recuperação da falha é analisada explicitamente no método.

Devido à profundidade da análise esta técnica demanda uma utilização intensa de recursos.

Análise de Modos e Efeitos de Falhas (*Failure Mode and Effects Analysis - FMEA)*

Esta técnica foi originalmente desenvolvida pela NASA para assegurar que os equipamentos construídos para aplicação no espaço tivessem as características de confiabilidade necessárias. A Análise de Modos e Efeitos de Falhas, também conhecida pela sigla ***FMEA*** (*Failure* ***M****ode and* ***E****ffects* ***A****nalysis*), é uma técnica indutiva, onde o raciocínio parte da perda de função de um único componente até uma conclusão geral sobre o efeito correspondente no sistema como um todo. A perda da função é analisada através dos modos de falhas do componente analisado, sendo, a partir daí, identificados os efeitos resultantes destas falhas sobre outros componentes e sobre o sistema como um todo. Cada modo de falha é considerado individualmente como uma ocorrência independente, sem qualquer relação com outras falhas do sistema, salvo os efeitos subseqüentes que

possa produzir. Na FMEA tradicional, dá-se ênfase à identificação dos problemas resultantes de falhas dos equipamentos (*hardware*), embora as ações humanas que causem falha dos componentes devam ser, também, consideradas.

A FMEA pode ser usada, também, como análise de falhas humanas, avaliando os efeitos das falhas humanas no sistema. Na FMEA humana é possível considerar a falha individual ou de equipes, e pode ser baseada em tarefas ou funções. O método inicia-se no nível mais baixo, na tarefa, estabelece os mecanismos de falha, e então investiga as conseqüências para o sistema como um todo. Se as conseqüências são consideradas sérias, a investigação continua para determinar formas de prevenção, recuperação ou redução dos efeitos das falhas.

Na FMEA para equipamentos, existe uma análise de criticidade, na qual se avalia o grau de risco do modo de falhas identificado, usando valores numéricos. Na análise de criticidade são usados, geralmente, os seguintes critérios:

- Severidade dos efeitos do modo de falha;
- Ocorrência, probabilidade de ocorrência do modo de falha; e
- Detecção, chance de o sistema detectar o modo de falha.

A multiplicação dos valores numéricos obtidos para cada critério tem, como resultado, o Fator de Priorização de Risco (FPR).

No Quadro 5, a seguir, apresenta-se uma planilha para ilustrar o funcionamento da técnica.

Componentes	Função	Modo de Falha	Causas	Efeitos	S	O	D	FRP
Válvula de gás	Controlar vazão do gás combustível	1. Emperra aberta	2 -Aquecedor não cessa operação. -Demanda a válvula de alívio.	- Pressão e temperatura acima do normal. - Geração de vapor.	7	5	4	145
		2. Emperra fechada	Aquecedor cessa operação	Não produz água quente.	2	3	2	12
		3. Vazamento externo		Gás ambiente. Possibilidade de incêndio.	9	1	1	9

Fonte: FLEMING , 1997.
Quadro 5 - FMEA para a Válvula de Gás de um Aquecedor de Água Doméstico

Para a FMEA humana é recomendável que uma taxonomia de falhas humanas seja adotada como uma lista de verificação, para o auxílio do analista na identificação de falhas potenciais.

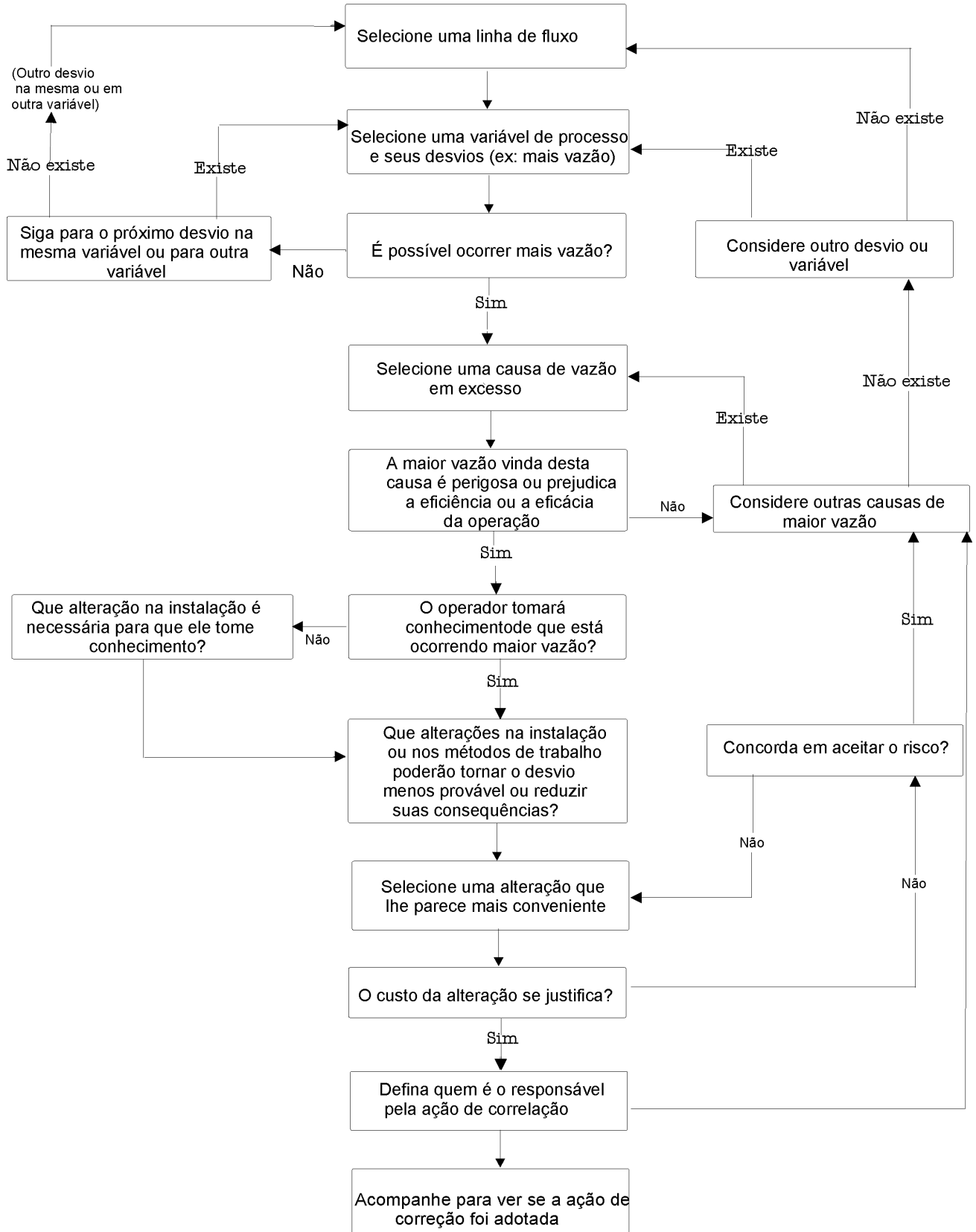
Estudo de Perigos e Operabilidade (*Hazard Operability Studies - HAZOP)*

Esta técnica foi inicialmente apresentada por H.G. Lawley, em 1974, com o objetivo de mostrar a metodologia desenvolvida na divisão petroquímica da companhia inglesa ICI (*Imperial Chemical Industries)*, baseada em uma técnica chamada *Critical Examination*. Além de ser usada na indústria química foi também aplicada para projetos de laboratórios, em operações de centrais nucleares, na perfuração *Offshore* e para determinação de perigos de máquinas (dispositivos mecânicos).

O HAZOP visa identificar os perigos e os problemas de operabilidade de uma instalação de processo. Esta técnica está baseada em um procedimento que gera perguntas de maneira estruturada e sistemática através do uso apropriado de um conjunto de palavras-guia usando um grupo de trabalho com pessoas experientes em várias especialidades, representando os aspectos de operação, manutenção e projeto do sistema.

O principal objetivo de um Estudo de Perigos e Operabilidade (HAZOP) é investigar, de forma minuciosa e metódica, cada segmento de um processo, visando descobrir todos os possíveis desvios das condições normais de operação, identificando as causas responsáveis por tais desvios e as respectivas conseqüências. Uma vez verificadas as causas e as conseqüências de cada tipo de desvio, esta metodologia procura propor medidas para eliminar ou controlar o perigo ou para sanar o problema de operabilidade da instalação. As causas dos problemas levantados, suas conseqüências em termos de segurança e operacionalidade, e as soluções potenciais são determinadas pelo grupo de trabalho.

O HAZOP enfoca tanto os problemas de segurança, buscando identificar os perigos que possam colocar em risco os operadores e os equipamentos da instalação, como também os problemas de operabilidade. Embora estes não sejam perigosos, podem causar perda de produção ou possam afetar a qualidade do produto ou a eficiência do processo. Portanto, o HAZOP identifica tanto problemas que possam comprometer a segurança da instalação como aqueles que possam causar perda de continuidade operacional da instalação ou perda de especificação do produto.

A seguir, a Figura 10 apresenta o diagrama de decisões utilizado para a realização de estudos de *HAZOP*.

Fonte: AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE).
Figura 10 - Diagrama de Decisões do HAZOP

O procedimento consiste em analisar os “Nós” do sistema, os quais são determinados dos diagramas de instrumentação e tubulação, através de palavras referentes às características físicas ou funções do vaso, linha ou instrumento (como pressão, fluxo, temperatura, etc.), e palavras-guia que definem os desvios dos parâmetros que podem ocorrer e que levem a problemas de operacionalidade e segurança. O Quadro 6 apresenta a lista destas palavras.

HAZOP Convencional			**HAZOP Humana**
Palavras Guias	**Parâmetros**	**Desvio**	**Palavras Guias**
Maior	Vazão	Maior pressão	Ação omitida
Menor	Pressão	Menor pressão	Ação muito cedo
Nenhuma	Temperatura	Nenhum fluxo	Ação muito tarde
Mais	Fluxo reverso	Menos fluxo	Ação mais tarde
Menos	Nível	Mais fluxo	Ação a menos
Falha na (o)	Agitação	Fluxo reverso	Ação na direção errada
Falta de	Viscosidade	Temperatura alta	Ação certa sobre o objeto errado
Reverso	Componentes a mais	Temperatura baixa	Ação errada sobre o objeto certo
	Teste		Ação errada sobre o objeto errado
	Partida		Verificação omitida
	Parada		Verificação incompleta

Quadro 6 – Palavras-guia e Parâmetros de HAZOP para Falha Humana

Os “Nós” (nodos) são pontos representativos da planta, escolhidos segundo os seguintes critérios:

- Grandes equipamentos separados, com diferentes parâmetros de processo (pressão , temperatura, fluxo, etc.);

- Interfaces com outros sistemas que possam interferir ou sofrer interferência do sistema em estudo, quando ocorre mudança de estágio ou composição relevante.

Se a quantificação de riscos é necessária isto é feito como parte do estudo HAZAN (**HAZ**ard **ANA**lysis), que envolve a árvore de eventos e de falhas, e análises de confiabilidade ou avaliações probabilísticas de segurança do processo.

O método HAZOP tem sido estendido por especialistas em fatores humanos para ser usado nos problemas de falhas nos projetos de sistemas. Nestes casos, as palavras guias mudam,

adequando-se às novas referências, como está sendo apresentado no Quadro 6.

Bridges, Kirkman e Lorenzo (1994) lembram que, devido à imposição de organizações nos EUA, como a OSHA – *U.S. Ocupational Safety and Health Administration* – e a EPA – U.S. *Envirommental Protection Agency* – as falhas de natureza humana devem ser incluídas nas análises de risco das indústrias de processos,. Sugere-se, então, que a análise de falhas humanas seja integrada na metodologia.

Lopes (1997) fez uma aplicação prática da proposta de Briges, Kirkman e Lorenzo, (1994), usando o HAZOP, analisando os procedimentos de trabalho. Abaixo, no Quadro 7, demonstra-se um exemplo da apresentação final para este tipo de aplicação.

TAREFA: Abrir circulação de água no trocador C106

Desvio	Causa	Conseqüência	Prevenção	Recomendações
Ação não executada	Falta de experiência do operador de campo com eventos de alto estresse.	Temperatura alta no F107. Risco de degradação no tanque de esgotamento.	Treinamento com gestão individual para cada operador (plano de treinamento)	Rádio para comunicação entre o operador da sala e o de campo.
	Há o treinamento, mas o evento nunca foi vivido	Idem	Idem	Rever o intervalo para reciclagem do treinamento.
	Instrução não recebida pelo operador de campo. Suporte de diagnóstico de falhas inadequado. Operador de sala não instrui para a tarefa.	Idem	Idem	Troca de experiência com outras plantas. Treinamento da equipe para diagnóstico de falhas (simulador).

Quadro 7 – Aplicação Prática de HAZOP em Análise de Procedimentos

Check List Ergonômicos

Método para prever e reduzir o erro humano na indústria através de *check lists* de ergonomia aplicada. Estes podem ser utilizados pelas áreas de engenharia para identificarem e prevenirem quais os fatores que podem influenciar o desempenho de uma atividade sob a ótica dos aspectos ergonômicos. Itens como especificação de equipamentos, sistemas, salas de operação e controle, aspectos ambientais, localização, identificação e comunicação de informações de processos e de equipamentos, elaboração de procedimentos, aspectos de treinamento e definição de grupos de trabalho e outros.

Os *check lists* podem ser utilizados, também, para reavaliar instalações ou sistemas existentes através de auditorias específicas. Portanto, os *check lists* são uma excelente forma de transferência de informações sobre a interação do homem com a máquina e sistemas para os projetistas e engenheiros. No entanto, recomenda-se que os *check lists* sejam utilizados em conjunto com outros métodos de análise qualitativos e/ou quantitativos .

O uso desta ferramenta apresenta as vantagens de serem instrumentos de rápida aplicação, de baixa complexidade e os resultados obtidos podem ser diretamente aplicados.

Como desvantagens, os *check lists* não permitem uma avaliação da importância relativa dos diferentes itens e suas conseqüências prováveis em caso de falha, Os *check lists* geralmente não consideram o contexto em que as atividades e o assunto estejam sendo tratados. Assim, em alguns casos, é necessária a utilização de algumas ferramentas de análise de riscos como complemento ao *check list*.

No Anexo B está um exemplo de *check list* extraído da API 770 (AMERICAN..., 2001), *Guia do Gerente para redução dos erros humanos*, que consta de uma série de questões que, se avaliadas e ações implementadas, certamente, servirão para identificar e eliminar diversos fatores que poderiam estar contribuindo para o aumento do erro humano.

Como sugestão após a avaliação ser conduzida com lideranças, vá às suas instalações e faça perguntas aos trabalhadores. O seu conhecimento, opiniões e atitudes irão ajudar a desenvolver uma estratégia efetiva para melhorar o desempenho humano dentro de sua empresa.

2.7 CONCLUSÃO

O objetivo deste capítulo foi apresentar uma visão geral de como o erro humano pode impactar na ocorrência de acidentes na indústria química e fornecer uma série de subsídios que podem ser utilizados pelas áreas de operação, engenharia e manutenção para avaliarem e auditarem as condições dos sistemas de trabalho existentes, gerando através desta análise e em

conjunto com a aplicação das técnicas preventivas de análise e prevenção do erro humano, ações que reduzam a ocorrência de acidentes na indústria.

Em função das informações analisadas e avaliadas na literatura, fica claro o potencial do impacto do erro humano na ocorrência das perdas na indústria química, bem como a inexistência de análise de forma sistêmica através de ferramentas adequadas de como estes erros humanos ocorrem impede a eliminação destas perdas materiais, ambientais e humanas, que são hoje um foco nas organizações industriais.

3 O PROJETO DE SISTEMAS E PRODUTOS INDUSTRIAIS

3.1 INTRODUÇÃO

Através deste capítulo, aprofunda-se a análise da metodologia de como desenvolver projetos considerando-se os aspectos dos fatores humanos de forma intrínseca no desenvolvimento dos projetos, e não apenas como considerar aspectos técnicos específicos como especificação de computadores e estações de trabalho, especificações de displays, sistemas de controle, ferramentas manuais, equipamentos de processo etc...

Existem diversas referências técnicas de como projetar determinado componente levando-se em consideração os aspectos de confiabilidade humana , entre elas citamos o *Human Factors in Engineering and Design* de Mark S. Sanders e Ernest J. McCormick.(1992), que consideram os aspectos ergonômicos na concepção de componentes e sistemas.

Não existe dificuldade para identificar diversas histórias que provocaram grandes tragédias, como também milhares de fatalidades e incapacidades decorrentes de falhas de projeto pela falta de consideração dos fatores humanos na concepção dos sistemas e produtos.

Em uma pesquisa publicada por Beevis e Hill (1983), *The designer as the limiting human factor in military systems* cita inúmeras falhas decorrentes da não consideração dos fatores humanos nos projetos de equipamentos e sistemas militares. Como exemplos, incluem espaço insuficiente nos equipamentos de combate para operar os pedais, dificuldade e eventual incapacidade de ver sinalizações externas da cabine dos *trucks*, incapacidade de operar alguns controles utilizando luvas nas mãos, falta de espaço interno na cabine de alguns equipamentos para comportar os equipamentos de combate e tripulantes adicionais, falta de acesso ao corte de

combustível em alguns equipamentos de combate, problemas de cores das sinalizações que dificultam distinguir entre situações de cuidado e situações e perigo.

Avaliando-se a abrangência deste assunto não só na área industrial como a importância para a eliminação das perdas em qualquer aplicação, é que será avaliado o mesmo com a certeza de estar contribuindo para caracterização deste problema de pesquisa e sugerindo ações que tornem o desenvolvimento de projetos nas empresas um processo mais seguro e confiável para as pessoas, meio ambiente e instalações.

3.2 FATORES HUMANOS NO PROCESSO DE PROJETO DE SISTEMAS E PRODUTOS

No projeto de equipamentos e sistemas devem ser seguidos alguns estágios ou processos a fim de que sejam realizados os projetos de forma adequada e segura. Cada aspecto do processo de projeto deve ser avaliado cuidadosamente para determinar se existe fator relevante e se alguma atenção especial deve ser dada.

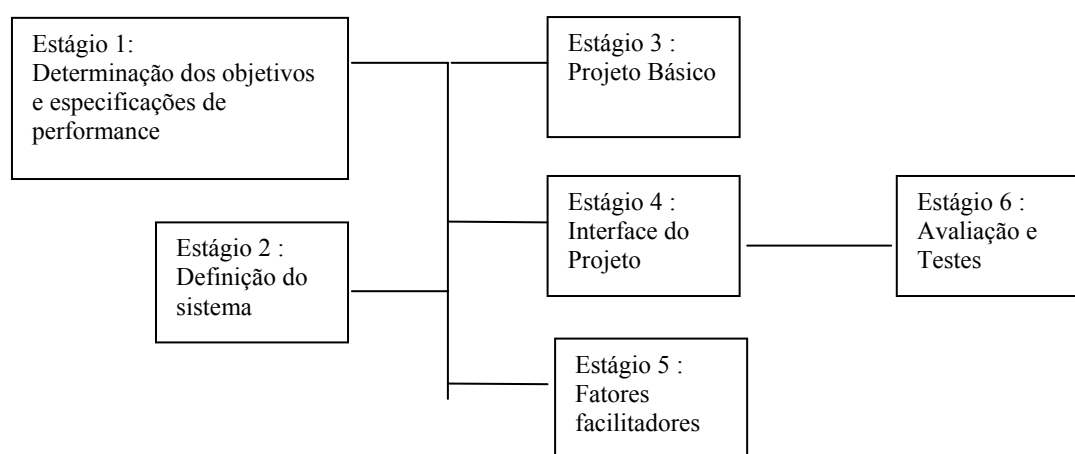
3.2.1 Características do Processo de Projeto de um Sistema

Embora metodologias definidas, estruturadas de como deve ser realizado o desenvolvimento de um projeto possam existir e serem apresentadas, alguns "by pass" nesta metodologia podem ser realizados, trazendo riscos ao processo. No projeto, decisões tomadas de forma atrasada, normalmente necessitam de modificações de projeto e refinamento das informações e decisões tomadas em estágios anteriores.

Segundo Meister (1985), existem as seguintes características no processo:

- Materialização: Processo de trabalho que transforma funções/idéias em atividades e sub atividades .

- Definição de Requisitos: Opções de projeto devem ser tomadas para satisfazer os requisitos do sistema. Por esta razão, os requisitos de confiabilidade humana devem ser incluídos nas especificações iniciais de projeto.
- Clareza e Consolidação das definições: Inicialmente, existem muitas indefinições e informações não conhecidas no sistema, mas durante o processo de “design”, estas indefinições devem ser esclarecidas e endereçadas.
- Desenvolvimento dos sistemas envolve transformações: Existe a transformação dos requisitos físicos em implicações comportamentais destes requisitos, e de implicações comportamentais em mecanismos físicos como controles, *displays* etc... requeridos para implementar as implicações de interface com homem.
- Tempo: Nunca existe o tempo requerido e desejado pelos especialistas de projeto para a realização das análises, dos estudos e testes.
- Custo: Normalmente, não existe capital suficiente para suportar os esforços de projeto e as recomendações dos fatores humanos e outros. Se são de custo elevado, normalmente são rejeitados.
- Interação: As atividades são repetidas quanto mais detalhadas e mais informações forem necessárias para seu desenvolvimento.
- Competências das Equipes: Os sistemas mais “importantes” e “complexos” normalmente são projetados por equipes de projeto mais experientes e especialistas, onde cada sistema tem, claramente especificado, seus requisitos e critérios. Os grupos menos experientes são responsáveis pelo projeto dos outros sistemas
- Relevância: A importância para o projeto, como percebido pelos projetistas, é um fator importante no julgamento de valor de como os fatores comportamentais humanos são considerados no projeto.

Agora, com base na proposta de quais estágios de projeto devem existir, nós avaliaremos como os fatores humanos e suas implicações devem ser considerados em cada estágio macro de desenvolvimento do projeto. Estes estágios ocorrem de uma forma interativa ao longo do andamento do projeto. Estágios posteriores podem influenciar em decisões tomadas anteriormente. Para sistemas mais simples ou assuntos "menos críticos", estes estágios são realizados de forma informal e, em alguns casos, não são realizados todos os estágios.

Fonte : SANDERS; MCCORNNICK, 1993.
Figura 11 - Principais Estágios de um Processo de Projeto.

Estágio 1 : Determinação dos objetivos e especificações de performance dos Sistemas

Antes de um sistema ser projetado, deve-se claramente definir quais os objetivos e propósitos do mesmo. As razões para a existência de um sistema estão relacionadas com seus objetivos. Por exemplo, o objetivo de um determinado sistema é prover a comunicação entre escritórios de diferentes cidades. O sistema de especificação de performance detalha o que o sistema deve fazer para que seus objetivos sejam atendidos. Por exemplo, devem ser considerados transmissão de voz ao mesmo tempo para duas estações e também devem ser considerada a existência de informações visuais para fora do país para mais de 100 escritórios, garantindo

segurança na transmissão de dados para informações consideradas de segurança , além de outros requisitos.

As especificações de performance do sistema devem refletir o contexto em que o sistema deverá operar, incluindo considerações sobre o perfil disponível e projetado da população que utilizará o sistema, características , exigências e restrições da organização, etc...

As especificações de performance de um sistema normalmente tem implicações relacionadas com as questões humanas que irão impactar positiva ou negativamente na sua performance. Por exemplo, um sistema que for projetado para operar nas condições do Pólo Ártico deverá ser concebido para interagir com as condições impostas às pessoas que lá estão, que deverão estar utilizando roupas especiais para o frio, como roupões e casacos, luvas, gorros, etc... que poderão implicar negativamente no projeto dos controles e espaços de trabalho disponíveis para estas pessoas nestas condições, caso estas situações específicas não sejam levadas em consideração.

Bailey (1982) identifica dois fatores humanos que são necessários serem levados em consideração para esta fase do projeto :

- Identificação dos prováveis usuários do sistema
- Identificação e definição das atividades relacionadas com estes usuários e que serão necessárias para que o sistema opere com a sua performance desejada.

A identificação das necessidades dos usuários são realizadas através da observação, entrevistas e questionários aplicados ao público alvo.

Geralmente, um projeto de sistema será realizado para aprimorar um sistema existente ou agregar melhorias a um processo que esteja sendo concebido.

Através da observação de como as atividades são realizadas nos sistemas existentes e através das entrevistas e pesquisas com os usuários, podem ser obtidas informações que assegurem que o novo sistema atenda as expectativas e necessidades dos usuários atuais e futuros.

Estas informações também serão utilizadas e avaliadas nos estágios posteriores de desenvolvimento do projeto.

Estágio 2 : Definição do Sistema

A principal atividade da fase 2 é a definição das funções que os sistemas deverão desempenhar para atingir os objetivos e performances especificadas. Teoricamente, nenhuma tentativa é feita nesta fase para definir funções aos equipamentos, sistemas ou pessoas. Funções podem ser instantâneas (como ligar um equipamento), prolongadas (como armazenar mensagens não rotineiras e necessárias), simples (como determinar os destinatários de uma mensagem) ou complexas (como priorizar as mensagens importantes e necessárias).

Para definir a concepção das funções de um sistema, deve ser utilizado um diagrama de fluxos funcionais. Estes diagramas demonstram a relação entre as funções do sistema, onde cada caixa representa uma função a ser realizada. Frequentemente, sub fluxogramas são elaborados para analisarem as subfunções necessárias, a fim de se assegurar que a função principal do fluxograma principal seja realizada conforme previsto.

Por exemplo, no caso de um sistema para transporte urbano, algumas funções que devem ser consideradas são, por exemplo, a venda dos ticketes, recebimento dos mesmos, movimentação dos passageiros para as plataformas de embarque, abertura e fechamento das portas de acesso dos veículos para permitir a entrada e a saída dos passageiros (possibilidade de acesso a passageiros deficientes), controle do veículo, movimentação dos passageiros para as saídas das estações, fornecimento de informações importantes e fornecimento das direções aos passageiros, e o sistema de comunicação que deve existir dentro dos veículos (vagões).

Esta função analisa, inicialmente, quais as funções que devem existir para que os objetivos e a performance do sistema seja plenamente atendida e não de que maneira cada função deve funcionar (como, por exemplo, se estas funções serão operadas por pessoas ou serão automatizadas ou operadas por máquinas).

Durante esta fase, os especialistas de fatores humanos devem assegurar que as outras funções do projeto identifiquem, entendam e atendam as necessidades dos usuários que operarão ou terão alguma interface com o que estiver sendo projetado. Portanto, estes especialistas de fatores humanos[2], devem obter, nesta fase do projeto, informações detalhadas sobre as características, capacidades e limitações da população que estará interagindo com os sistemas/equipamentos.

Estágio 3 : Detalhamento Básico

Neste estágio do projeto, o sistema começa a ganhar forma. As principais atividades relacionadas com os fatores humanos são :

a. Definição das funções que serão exercidas pelo homem na inter relação com o sistema (software) ou com equipamentos (hardware);
b. Especificação das performances humanas requeridas;
c. Análise das atividades envolvendo o homem;
d. Análise do trabalho envolvendo o homem

Durante este estágio, geralmente, inúmeras mudanças são realizadas, que necessitam revisões e atualizações dos fatores humanos associados à realização das atividades. Raramente, as atividades listadas acima são feitas apenas uma vez no projeto. Normalmente, estas estão em uma interação contínua com as outras atividades do projeto, sofrendo atualizações e ajustes.

Analisando-se mais detalhadamente cada atividade acima, temos:

- **Alocação das funções que poderão ser exercidas pelo homem**

Nesta fase, a alocação de algumas funções para o ser humano ou a alocação de outras funções para serem realizadas por outros componentes físicos é virtualmente determinada por algumas considerações, como a superioridade de performance de uma forma em relação à outra e

[2] Identificam-se como profissionais especializados em Ergonomia, que estudam os fatores que levam à capacidade do ser humano na realização da atividades.

vice versa, ou considerações econômicas. Entre estes dois extremos, existem diversas funções que podem ser exercidas de ambas as formas pelo homem ou atomaticamente, como também de uma forma mista com partes da função realizada pelo homem e parte pelo sistema.(Por exemplo, o controle do sistema dos veículos de um metrô de tansporte urbano poderia ser realizado por operadores individualmente ou por uma central de comando computadorizada).

Por causa da importância destas decisões para alguns sistemas, seria importante a existência de alguns guias, que permitissem ao projetista conhecer e, assim, melhor especificar quais as funções onde o controle e a realização da atividade pelo homem apresentaria melhores resultados que a máquina. Os guias mais comuns hoje existentes, previamente propuseram algumas atividades onde o homem pode realizar melhor que as máquinas e vice versa (FITTS, 1951, 1962; CHAPANIS, 1960; MEISTER, 1971). Por exemplo, estas listas indicam que o homem tem melhores habilidades do que as máquinas (automatização) em exercer algumas funções quando as atividades requerem, por exemplo, tomadas de decisão não rotineiras e eventualmente inesperadas. Eventos inesperados e não usuais podem ocorrer no local - ambiente, sendo necessário generalizar em função de observações, tomar decisões completamente novas ou diferentes das previstas. As máquinas, geralmente, desempenham melhor as funções com relação a outras formas de controle, quando os eventos são repetitivos e previstos, armazenam e liberam novamente informações, necessitando considerável esforço físico, ou requerendo ações repetidas com bastante precisão.

Chapanis (1965) comenta que a maior limitação das listas de comparação na seleção entre se utilizar o homem ou a máquina para realizar determinada atividade reside no fato de que não se considera as questões e circunstâncias sociais, culturais e políticas relacionadas com a decisão.

As regras básicas de convivência humana no processo de produção e geração de produtos e serviços na economia devem ter uma relação direta com certos fatores como à satisfação no trabalho, motivação, valores individuais e a cultura social do local. Por causa dos

fatores existentes em alguns locais mais desenvolvidos, que colocam certos valores humanos como importantes e necessários de serem atendidos, o projeto não dever considerar a alocação de atividades para o homem, que possam expor o mesmo a condições que venham a não atender aos princípios e valores culturais, sociais e de saúde.

Em alinhamento com estes conceitos, Jordan (1963) propôs a premissa de que o homem e a máquina não fossem comparáveis, mas sim complementares.

Embora a lista de comparação geral entre a realização de atividades através do homem ou pela máquina estejam com sua influência mais restrita, listas específicas relacionadas com aplicações específicas são mais úteis. Por exemplo, Barfield e colaboradores (1987) desenvolveu uma proposta de lista para computadores aplicados em projetos (CAD) de sistema e Nof (1985) desenvolveu a lista de comparação do homem versus o robô.

Quando em dúvida Automatizamos? Uma abordagem entendida e advogada por muitos engenheiros é a alocação de funções para as máquinas sempre que possível.

Isto é aceito na automação para resolver o problema da alocação das funções. No entanto, esta abordagem simplista de abordar o problema tem um apelo intuitivo de resolver os assuntos da automação, mas, na prática, pode ser bastante perigoso. Primeiro, nem todas as funções podem ser automatizadas. É importante que as funções que forem definidas para o ser humano envolvam aspectos de análise e decisão. Deixar o homem com atividades que não exijam de sua capacidade analítica e de tomada de decisões, pode causar problemas de sobrecarga cognitiva, resultando em falta de atenção, falta de motivação, e, como conseqüência, baixa performance.

Em segundo lugar, nenhuma máquina é perfeitamente confiável, e quanto mais complexa é a máquina, geralmente menos confiável ela é. Máquinas quebram, e quando isto acontece, freqüentemente o homem é quem tem que consertá-la para colocar em operação o sistema de novo, como ocorre em relação aos equipamentos mais modernos do mundo como aviões a jato, entre outros.

A automação freqüentemente incorre em aumento de custos de capacitação e treinamento. O homem tem que saber como operar o sistema automático e ainda ter conhecimento e prática para manter o sistema nas condições operacionais e de performance desejáveis. O homem também deve conhecer, em detalhes, todos os *loops* e rotinas que ocorrem nos sistemas para que, em caso de qualquer falha do sistema, este possa ser reparado e recolocado em operação o mais rápido possível.

3.2.2 Uma Estratégia para Alocação das Funções

Os comentários e discussões acima realizados sugerem que não existe uma única fórmula que permita decidir a questão (PRICE; PULLIAM, 1983). O processo de alocação e decisão entre automatizar ou não deve se basear em uma análise técnica e especializada. A confiabilidade da decisão tomada estará relacionada com o profissionalismo envolvido na análise, como também no projeto pós decisão.

No entanto, não existe, de forma clara e direta, nenhum guia específico para promover e sugerir a decisão. Price (1985) sugere quatro regras para desenvolver uma estratégia de alocação:

1. **Alocação mandatória** (obrigatória) – Algumas funções ou partes de uma função devem ser realizadas pelo ser humano ou pela máquina, por definição no próprio sistema. O homem tem que ter o controle sobre a operação de abortar funções para evitar problemas ambientais, considerações de segurança, considerações legais. Definições obrigatórias devem ser identificadas e realizadas primeiro que as outras.

2. **Avaliação de valor** – A avaliação de performance entre o homem e a máquina para a realização de determinada função pode ser estimada e representada como

um ponto de tomada de decisão no espaço, onde se avalia, para a atividade ou função, como poderá ser obtida a melhor performance.

3. Utilidade e análise de custo benefício – Com relação ao critério de utilidade, uma determinada função deve ser definida para ser realizada pelo homem, simplesmente por que o homem existe e está disponível e não se vê nenhuma razão para a não realização do trabalho pelo homem. Notar que esta defesa é a antítese da que diz que "Quando em dúvida automatize". Os custos relativos de se decidir pelo homem ou pela máquina devem ser considerados, e a alocação pode ser definida com base no critério do melhor custo benefício.

4. Afetividade e suporte cognitivo – A regra final reconhece a necessidade única do ser humano. A afetividade refere-se aos requisitos emocionais do ser humano, como, por exemplo, a sua necessidade de realização de atividades desafiadoras e a necessidade de ser reconhecido, de se sentir seguro pessoalmente e de sentir que estão com o controle. O suporte cognitivo refere-se à necessidade humana de ter informação para, assim, estar pronto para agir ou para tomadas de decisão requeridas. O homem deve manter um modelo mental adequado do sistema e das suas condições afim de que tenha controle em caso de alguma situação de emergência. Outra consideração em relação ao suporte cognitivo é que o homem tenha atividade suficiente para se manter alerta.

A alocação de funções pode ser mais bem acompanhada e definida por um time composto de engenheiros e especialistas de fatores humanos. As regras apresentadas acima podem ser vistas de uma forma confiável, como um ponto de partida para o entendimento de que as decisões detalhadas ainda dependem de avaliações detalhadas de especialistas.

5. Alocação dinâmica – Ao invés de serem tomadas as decisões finais com relação à alocação durante o projeto, Kantowitz e Sorkin (1987) sugerem que o sistema possa ser projetado para permitir que o operador tome decisões durante a operação do

sistema, o que eles chamam de alocação dinâmica. Quando o operador identifica uma necessidade da máquina para ajustar algumas funções, ele ou ela estava fazendo com que o sistema automático pudesse ser comprometido. Piloto automático nas aeronaves e controle de rotas nos automóveis são exemplos de alocação dinâmica. Um sistema do futuro seria aquele que identificaria quando o operador está acima da sua capacidade ou abaixo da sua capacidade e tomar do operador ou transferir para ele algumas funções automaticamente. Um sistema como este incrementaria em muito o interesse e a atuação nos assuntos dos fatores humanos. Por exemplo, como você pode dizer a um operador que está com sua capacidade reduzida, que o sistema está tomando o controle? O que acontece com a performance humana quando algumas funções são sobrecarregadas, sobre-exigidas ? Você pode fornecer as funções de volta para o operador automaticamente ou o procedimento deve ser reiniciado? Os operadores irão aceitar perder o controle de alguma função sem poderem recorrer?

3.2.3 Requisitos de Performance Humana

Após a equipe de projeto identificar as funções que deverão ficar sobre a responsabilidade do homem, o próximo passo é determinar quais os requisitos de performance para cada uma das funções definidas. Os requisitos de performance humana são as características da performance que deverá ser atingida, a fim de que seja assegurado que o sistema atinja seus requisitos.

Deverão estar definidas variáveis como precisão, velocidade, tempo necessário para desenvolver e atingir a performance, satisfação do usuário. Algumas vezes, a performance do ser humano está na capacidade de identificação e antecipação das capacidades da população de usuários. Em alguns casos, é necessário que alguma função seja revisada, ou mesmo que os requisitos do sistema definidos no estágio 1 sejam redefinidos.

3.2.4 Descrição e Análise da Atividade

Meister (1985) faz uma distinção entre a descrição e a análise da atividade/tarefa, enquanto outros autores combinam os dois processos e comentam apenas sobre a análise da tarefa. Meister (1985), entretanto, admite que a linha divisória entre as duas etapas não é clara. Ainda assim, ambas têm que ser tratadas e deixadas bem claras durante a fase de projeto. Não é nossa intenção, aqui, abordar, de forma mais profunda, os vários aspectos relacionados com a descrição e análise de atividades e tarefas. Os interessados poderão obter maiores esclarecimentos em Meister (1985) ou Drury e coladoradores (1987). Onde o objetivo é apresentar a natureza dos processos, os tipos de informação coletados e os propósitos de se aplicar a técnica.

A regra geral para se desenvolver uma descrição e análise (ao invés de, simplesmente, realizar uma análise de tarefas) é para que se liste, em seqüência, todas as atividades que deverão ser realizadas para que sejam asseguradas as funções em que o homem faz parte do seu processo de realização. Cada atividade é então quebrada em passos necessários para a realização da atividade. Cada passo é, então, geralmente, analisado para se determinar algumas características, como qual o evento iniciador do passo, quais as decisões que devem ser tomadas pelo homem neste passo, ações que devem ser realizadas pelo homem em cada passo, informações necessárias para que o passo seja realizado, quais informações deverão ser geradas após a conclusão do passo, quais as principais fontes de erro ou stress, critério para alcance dos resultados esperados em cada passo. Ainda devem ser determinados, para cada atividade, os aspectos críticos e as dificuldades que podem existir durante a realização da mesma, o nível e o perfil necessário para as pessoas que estarão envolvidas nas operações, e quais as projeções relacionadas com que tipos de treinamento e, em que carga estes deverão ser planejados e realizados.

Freqüentemente, uma analise de tarefa pode ser realizada através de um diagrama de seqüência operacional. O mesmo representa, graficamente, as interações entre as pessoas e os equipamentos na realização de uma atividade ao longo do tempo de performance da atividade.

Estes diagramas têm que ser desenvolvidos durante a fase de projeto (design) dos sistemas mais críticos e complexos, pois os diagramas,de uma forma isolada, tem uma utilidade limitada. O valor principal destes, na realidade, está no fato de que, para a realização deles, requisita-se uma análise e um conhecimento detalhado do envolvimento do homem e suas atividades nas funções do sistema e o seu impacto na performance como um todo. Na essência, este é um fato onde o processo de desenvolvimento dos diagramas como um todo é mais importante que o produto propriamente dito (diagramas).

3.2.5 Razões para a Realização da Análise das Tarefas

Segundo Sanders e McCormick (1993), uma análise detalhada das tarefas que deverão ser realizadas pelo homem é essencial para garantir-se que o sistema e equipamentos serão operados e mantidos com critérios de gerenciamento de segurança e eficiência. A análise das atividades é a base para se projetar a interface homem–máquina (por exemplo, sistemas de controle, *displays*, *workstations*, etc...), além das instruções operacionais e de manutenção, análises de risco das atividades e processo, manuais, determinação dos requisitos necessários para as funções, determinação dos programas de treinamento, determinação dos processos de avaliação do sistema e das funções.

Em essência, a análise das tarefas e funções é o coração da contribuição relativa aos fatores humanos no desenvolvimento de um projeto.

3.2.6 O Uso do Computador para Elaboração do Projeto Básico

Segundo Sanders e McCormick (1993), com o passar dos anos, vários programas de computação foram desenvolvidos para facilitar o trabalho dos projetistas com relação às atividades listadas acima referentes à consideração dos fatores humanos no desenvolvimento de projetos.

Embora existam alguns tipos de programas, podemos mencionar uma descrição simplificada do CAFES (Computer-aided Function Allocation Evaluation System), provavelmente, o mais simples e, ao mesmo tempo, sofisticado sistema computadorizado nesta área. Existem diversos módulos que facilitam o uso da ferramenta no projeto. O mais complicado no uso da ferramenta é a o uso do módulo (FAM). O objetivo do módulo FAM é permitir e orientar o projetista na alocação das atividades e tarefas exercidas pelo homem. Para o uso deste módulo, algumas informações devem ser fornecidas como: tempo de partida e parada, atributos de cada tarefa (como criticidade), diagramas funcionais, linhas de tempo das funções, alocação de pessoas, e mais alguns critérios que diferenciam o peso e a importância de uma atividade.

O projetista define as informações e o computador calcula e envia as informações, como por exemplo, probabilidade de sucesso na realização de determinada atividade, curva de carga de trabalho para cada função no sistema, distribuição de prioridades.

Outro módulo do sistema CAFES é o que gera a carga de trabalho, (WAM). O projetista fornece informações previstas sobre a seqüência de cada atividade/passo. O sistema avalia o tempo requerido para realização de cada atividade e o tempo de realização de cada uma, bem como os canais sensoriais e motores utilizados pelo homem para realização de cada passo/tarefa.

O módulo WAM compara o tempo requerido para realizar cada seqüência de tarefas com o tempo disponível para a realização. Isto é feito através dos olhos, das mãos, dos pés, forma

verbal e com canais cognitivos. O programa identifica os tempos e cargas e verifica se há sobrecarga de alguns dos canais de interface do homem com a tarefa.

Os resultados de programas como FAM e WAM não podem ser considerados como a palavra final com relação à alocação das funções. Os dados gerados por eles podem ser muito valiosos, mas ainda não consideram os aspectos emocionais e cognitivos requeridos para realização das tarefas de uma função. No final, especialistas devem alocar algumas funções, baseados nas suas experiências. Segundo Meister (1985) a despeito do potencial dos programas existentes, como o FAM e WAM, os mesmos ainda são utilizados muito pouco se compararmos com o uso dos métodos manuais e tradicionais.

3.2.7 Projeto do Trabalho (Job Design)

Segundo Sanders e McCormick (1993), em um nível bastante importante, o projetista de um equipamento e de outras instalações que utilizam o homem nas suas operações deve predeterminar a natureza dos trabalhos requeridos. Assim, os projetistas de alguns tipos de equipamentos estão, na realidade, projetando trabalhos para as pessoas que estarão utilizando os equipamentos. Eles podem estar, ou não, sabendo disto, mas, certamente, deveriam saber que estão fazendo isto.

3.2.8 Os Valores Humanos no Desenvolvimento de Projetos

Como discutido anteriormente no contexto da alocação das funções, existem algumas considerações filosóficas no projeto dos trabalhos. Nesta área, tem que haver grande preocupação com a noção de trabalhos que engrandeçam e enriqueçam o homem. Este conceito é baseado no fato de que trabalhos que engrandecem e enriquecem o homem, normalmente, trazem consigo altos níveis de motivação e de satisfação do homem com o trabalho.

Existem algumas variações sobre este assunto, como, a inclusão de mais atividades para avaliação da performance, dar responsabilidade ao trabalhador pelas inspeções no seu próprio trabalho, delegação de responsabilidade por uma unidade completa (ao invés de apenas uma parte), proporcionar oportunidade para o trabalhador selecionar o método de trabalho, rotação de trabalhos, e definição de maior responsabilidade para os grupos de trabalho para realização das atividades nos processos de trabalho.

Uma abordagem dada para os fatores humanos tem, primeiramente, enfatizado a eficiência ou produtividade e tem tendido para a criação de trabalhos que são mais especializados e requerem menos perfil pessoal.

Na discussão sobre este tema, McCormick e Ilgen (1985), mencionam uma outra abordagem destacando que os indivíduos diferem nos seus sistemas de valores. Algumas pessoas não gostam de trabalhos que engrandeçam através de desafios, maior complexidade e novas atividades enquanto outras preferem estas atividades como forma de se desenvolver e crescer.

O nível de conflito entre as duas abordagens ainda não está claro, e ainda não existem guias e padrões para projeto que sejam compatíveis com os dois objetivos laborais, eficiência no trabalho e oportunidade para realização, motivação e satisfação dos trabalhadores. Até então, não se pode oferecer nenhuma solução especifica para esta questão, mas atenções têm sido dadas pelos especialistas em fatores humanos nas pesquisas e estudos nesta área.

3.2.9 Como os Engenheiros Desenvolvem os Projetos

Segundo Sanders e McCormick (1993), como o processo de realização de um projeto é basicamente um processo cognitivo, não se sabe muito sobre como os engenheiros tomam algumas decisões de projeto. Alguns estudos do processo tem sido realizados (MEISTER, 1971; ROGERS; ARMSTRONG, 1977; ROUSE; BOFF, 1987). Meister (1989) sintetiza alguns dos

importantes aspectos identificados que demonstram o impacto de como os engenheiros utilizam os aspectos dos fatores humanos como entradas (*inputs*) nos projetos.

a. Engenheiros são orientados pelas experiências anteriores

Os profissionais de projeto tendem a repetir as abordagens e soluções de projeto que eles anteriormente descobriram serem efetivas. Embora não haja nada inerentemente errado com esta abordagem, torna-se extremamente difícil a sugestão de alternativas que possam melhorar a performance dos fatores humanos.

b. Engenheiros são normalmente intuitivos nas suas considerações

Freqüentemente, não aplicam o critério de avaliação de alternativas de projeto, mas sempre confiam na sua própria intuição. Normalmente, não consideram aspectos comportamentais nas definições, mesmo que isto faça sentido para eles.

c. Engenheiros mergulham nos aspectos de projeto, equipamentos e programas (software) o mais rápido possível

Normalmente, não se prevê nenhum tempo e nenhum recurso no projeto para se avaliar e estudar sobre os fatores humanos e suas implicações.

d. Engenheiros freqüentemente não sabem onde encontrar as informações que precisam

Esta afirmação é bastante evidenciada quando no que se refere às questões de fatores humanos e comportamento humano.

Klein e Brezovic (1986) pesquisaram sobre quais as fontes de informação que os engenheiros de projeto utilizam durante o projeto.

Uma das constatações foi que mais de 50% das fontes de informação vem de projetos anteriores e de plantas existentes, o que ratifica as colocações anteriores de como os engenheiros projetam. As implicações destas constatações com relação à aplicação e ao desenvolvimento dos trabalhos dos profissionais de fatores humanos nos projetos é que eles

necessitam ter excelentes capacidades de relacionamento humano, porque eles precisam saber como negociar, assumir e conquistar compromisso e persuadir os outros profissionais a considerarem e verificarem o valor de se considerar os fatores humanos no desenvolvimento dos projetos.

Os maiores esforços dos profissionais de fatores humanos nesta fase do projeto resumem-se em separar e analisar as diversas informações que potencialmente são importantes para o projeto. Os dados relevantes para diversos fatores humanos de problemas de projeto têm uma abrangência muito grande, existem de diferentes e diversas formas como :

.Senso e experiência comuns;

. Dados quantitativos e comparativos (como a precisão na leitura de uma variável em dois tipos diferentes de instrumentos);

. Definição de dados quantitativos (como os dados antropométricos de medidas de pessoas);

. Princípios de projeto como evitar ou minimizar ;

. Funções e equações matemáticas que descrevem certos aspectos de performance humana, como, por exemplo, no uso de algumas simulações;

. Representações gráficas ;

. Julgamento e posicionamento de especialistas;

.Padrões e critérios de projeto (específicos para diversas aplicações, equipamentos e sistemas);

Muitas das pesquisas sobre fatores humanos são direcionadas para o desenvolvimento de padrões ou critérios de engenharia (*Engineering Standards*) que podem ser utilizados diretamente no projeto de itens relevantes. As recomendações relativas ao projeto de interfaces do homem com os sistemas e equipamentos podem ser obtidas via alguns padrões internacionais de dimensionamento e especificação de componentes. Algumas destas especificações podem ser

incorporadas na forma de *check lists*. No caso de aplicações militares, nos Estados Unidos, estas informações estão incorporadas nas especificações militares denominadas "MIL – SPECS". O principal padrão de fatores humanos em projetos é o MIL-STD-1472D (1989), que especifica de forma geral e especifica uma grande quantidade de possíveis problemas relacionados com a interface do homem nas operações. Outra fonte importante sobre os fatores humanos pode ser encontrada no guia de projeto MIL-HDBK-759ª (1981). Embora as especificações militares fossem desenvolvidas para serem aplicadas em sistemas militares, elas também têm uma importância e uma utilidade muito grande no projeto de outros tipos de sistemas.

3.2.10 Aplicação dos Dados e Informações sobre Fatores Humanos nos Projetos

Seria bastante gratificante dizer que as considerações sobre os fatores humanos têm sido amplamente aplicadas nos projetos que serão convertidos em equipamentos e sistemas que os trabalhadores estarão operando e utilizando no futuro. Pena que isto não é verdadeiro.

Meister (1971) reportou que, infelizmente, muitos engenheiros e projetistas não consideram os fatores humanos no desenvolvimento dos procedimentos de projeto. Rogers e Armstrong (1977), em um estudo sobre a aplicação dos conceitos dos fatores humanos em projetos, descobriram que padrões e especificações sobre fatores humanos têm uma pequena, senão nenhuma influência, no projeto do produto. Eles sugerem que as razões aparentes para isto são variadas e complexas, envolvendo resistência por parte das equipes de projeto, e gerentes, deficiente formação dos especialistas em fatores humanos e dos profissionais de projeto nesta área, os padrões e procedimentos desconhecidos e alguns a serem ainda elaborados, a necessidade de interdisciplinaridade do processo de comunicação.

Klein e Brezovic (1986) identificaram que os projetistas tinham dificuldade em utilizar estudos nesta área por acharem que a informação era generalista e eles consideravam estes métodos utilizados sem relevância para o projeto.

O problema se manifestou quando os resultados dos experimentos de campo diferiram das condições de projeto originais e os projetistas não sabiam como explicar, evidenciando, assim, que não foram considerados os aspectos de fatores humanos no desenvolvimento do projeto.

Os especialistas de fatores humanos têm sua parcela de culpa neste processo, na medida em que falham no processo de comunicação com as equipes das outras disciplinas (Engenheiros de projeto, arquitetos, projetistas industriais) e também falham na forma como os dados sobre os fatores humanos estão sendo apresentados durante o projeto.

Rogers e Armstrong (1977) propuseram algumas sugestões que deveriam ser incorporadas aos padrões de engenharia sobre fatores humanos, para que os mesmos fossem melhor aplicados:

Eliminação de termos gerais e de sentido duvidoso, como “sentimento próprio”; apresentação dos dados quantitativos de uma forma consistente; eliminação do uso da forma narrativa quando os dados puderem ser apresentados de forma quantitativa; eliminação de possíveis inconsistências com outros padrões; provimento de revisões e atualizações dos padrões com maior freqüência.

Estagio 4 : Projeto da Interface Homem-Máquina

Após a definição básica do sistema onde as funções e atividades para o ser humano foram alocadas, deve ser dada toda atenção para as características de interface entre o homem e as máquinas e entre o homem e os “softwares”. Isto inclui espaços para o posto de trabalho, *displays*, controles, consoles, informações trocadas com o computador (mensagens, alarmes etc...). Atualmente, apesar dos projetos de componentes físicos serem, predominantemente, um trabalho de engenharia, este estágio representa um momento onde as considerações sobre os fatores humanos têm recebido importância considerável. Se considerações inapropriadas (erros de projeto) forem tomadas nesta fase do projeto, em termos dos fatores humanos, estes desvios

estarão sempre comprometendo e decrescendo a performance do homem e, por conseqüência, a performance do sistema como um todo. Se de outra forma, considerações apropriadas forem tomadas, a operação do sistema será facilitada e a performance do sistema como um todo será maior e melhor. Os especialistas em fatores humanos, geralmente trabalham com os engenheiros de projeto e projetistas como um time durante o estágio de projeto das interfaces do homem-máquina, homem-sistema.

Os especialistas em fatores humanos, primeiramente, são responsáveis por definir e promover as considerações sobre os fatores humanos no projeto, enquanto os engenheiros, primeiramente, são responsáveis por definir e promover as considerações sobre a tecnologia do projeto. Embora esta definição de divisão de responsabilidades pareça simples, ela assegura a captura da essência das regras aplicadas aos fatores humanos no desenvolvimento de projetos.

O grupo de fatores humanos apóia o grupo de projeto de processo, provendo informações aos engenheiros sobre os aspectos de performance humana nas diferentes alternativas de projeto. Os especialistas de FH (fatores humanos) sugerem alternativas de projeto que garantam o uso das capacidades e respeitem as limitações das pessoas, e avaliem a performance do homem nas propostas de projeto sugeridas pelos engenheiros especialistas em processo e outras especialidades.

Durante a interface de projeto, os membros do grupo de fatores humanos envolvidos no projeto deverão realizar três atividades básicas para auxiliarem o projeto:

- Levantar e interpretar os dados de fatores humanos e performance;
- Conduzir avaliações sobre as sugestões dos especialistas de projeto;
- Conduzir estudos de performance humana no projeto em andamento.

Antes de discutir estas atividades acima, serão avaliados alguns aspectos sobre como os engenheiros e projetistas desenvolvem os projetos, a fim de prover um contexto para o tema dos fatores humanos.

Estagio 5 : Fatores Facilitadores

O foco principal desta fase do projeto do sistema é o planejamento da alocação dos recursos que irão assegurar a performance humana confiável e segura. Estão inclusos manuais de instruções, informações de performance, material de treinamento e programa de treinamento.

Em alguns sistemas o conceito de capacitação e treinamento, em alguns aspectos do processo, está incorporado no sistema, de forma que antes do sistema entrar em operação, as pessoas podem realizar simulações e operações planejadas através da colocação do sistema no modo treinamento.

Uma forma de documentação do sistema que especifica como operar e também manter o sistema são as instruções operacionais. O manual de instruções pode ser composto de livros ou, simplesmente, de folhas de orientação. A elaboração de instruções efetivas é mais uma arte que uma ciência. Embora não se possa discutir a quantidade de fatores humanos envolvidos nas documentações de projeto, listando algumas, se pode evidenciar a complexidade do tema.

Uma consideração importante é se a documentação estará disponível em meio eletrônico ou em papel, como utilizar ilustrações, como combinar texto e ilustrações, o quanto de detalhes deve ser apresentado, como indexar, como organizar o material. A fim de responder algumas considerações, seguem algumas regras simples:

Pouco é melhor; Evitar sobrecarga de informações; Evitar informações abstratas; Esqueça os porquês e se concentre nos como/s ; Lembre-se que o aprendizado vem também com a prática.

O uso das ilustrações tem espaço nos manuais e instruções, servindo como ajuda nas instruções, como também nos alertas. Segundo Johnson (1980), existe uma diferença entre fotos e símbolos. As fotos são realistas. O símbolo é um desenho ou fotografia que representa alguma coisa, como o símbolo de vermelho para cruzamentos. Na definição do uso de ilustrações para

promover uma informação e comunicação com os usuários, Johnson busca distinguir entre informações simples ou complexas:

Conceito de informações simples: Instruções são dadas para realização de ações diretas, onde o porquê e o quando são óbvios.

Conceito de informações complexas: Múltiplas ações são necessárias e múltiplos resultados podem surgir, onde o quando e o porquê não são óbvios.

Ele ainda coloca as questões relativas a dados concretos (por exemplo, uma porta de emergência) ou abstratos (que não possuem nenhuma referência física, como, por exemplo, a noção de perigo ou risco). As combinações entre estas situações podem ser verificadas abaixo:

Possível critério para uso das Ilustrações:

Informação	**Existem dados concretos**	**Existem dados abstratos**
Simples	Figuras e palavras	Usar símbolos e palavras
Complexa	Série de Figuras e palavras	Usar palavras

Estagio 6 : Testes e Avaliações

A avaliação no contexto de desenvolvimento de sistemas tem sido definida como a medição do desenvolvimento de produtos (equipamentos, procedimentos e pessoas), a fim de verificar que eles farão o que é previsto que seja feito conforme o projeto. Portanto, a avaliação dos fatores humanos é a análise destes atributos para se garantir que o que foi previsto esteja de acordo com o especificado, a fim de se garantir a performance humana.

Embora muitas avaliações façam parte do processo normal de desenvolvimento dos projetos, para muitos casos desenvolvidos envolvendo fatores humanos, estes deveriam ter uma avaliação especifica antes do fim do projeto e, necessariamente, antes da entrada em operação.

Na definição dos procedimentos de avaliação, algumas considerações devem ser tomadas: Qual o objeto da análise? Qual o critério? Que procedimentos? Que parâmetros definidos foram definidos?

A avaliação deve ser realizada com o mesmo tipo de pessoas (funções) que se espera para operação.

O critério deve ser relevante para as condições de uso do sistema e depende de item a item do sistema. A depender do item, pode ser incluso performance no trabalho, aspectos fisiológicos, acidentes, efeitos à saúde, tempo de aprendizado, satisfação no trabalho, atitudes e opiniões, considerações econômicas, entre outras. O problema é que não é simples para medir alguma destas considerações. Portanto o uso de múltiplos critérios de avaliação torna-se importante e necessário.

Procedimentos e controles experimentais podem ser feitos utilizando-se alguns grupos de controle. Deve-se levar em consideração que é impossível se replicar o estudo, pois, às vezes, o mesmo grupo de controle não pode ser sempre utilizado, ou as questões de contexto e ambientais são, em regra geral, impossíveis de serem revividas. Reconhecendo-se estas e outras limitações da avaliação feita, buscando-se retratar, no máximo possível, o mundo real, recomenda-se que avaliações com grupos de controle sejam feitas como forma de melhoria e avaliação.

Definições de parâmetros da avaliação devem ser feitas, buscando, na medida do possível, retratar as condições reais de operação do sistema. O termo fidelidade operacional busca retratar a relação entre as condições operacionais e as condições ambientais da avaliação ou teste. A meta é maximizar esta semelhança entre estes dois ambientes, o do mundo real e o da avaliação. Meister (1989) identifica algumas dimensões de fidelidade operacional:

Semelhança de local, que se refere aos elementos físicos como equipamentos, dados operacionais, dados técnicos, parâmetros ambientais como temperatura, iluminação, vibração;

Semelhança de atividade no que se refere à simulação da mesma atividade executada na operação normal; semelhança organizacional que se refere à manutenção do mesmo grupo; semelhança pessoal que se refere às mesmas condições de experiência profissional, treinamento, perfil, e atitudes das pessoas. A semelhança não significa absoluta igualdade. Existem graus de

semelhança. E a questão é definir o quanto é necessário retratar a realidade. Infelizmente, não existe forma de quantificar a semelhança ou fidelidade da situação real em relação ao ambiente de avaliação. No entanto, pode ser possível que sejam duplicadas as condições operacionais, porém, mais difícil é duplicar as condições de motivação, atitudes dos usuários finais, como se eles estivessem em operação normal. Algumas questões na avaliação, mesmo que se selecione a mesma população de usuários, implica num certo conhecimento de que se está sendo avaliado com um novo sistema, o que tende a levar os indivíduos a, provavelmente, agirem e reagirem de alguma forma diferente do que se eles não estiverem em uma situação de avaliação. Um, por exemplo, poderia pensar que as condições na avaliação são mais seguras e mais cuidadosas, com todas as medidas preventivas tomadas se comparasse com as condições normais de operação, onde ele não estaria sendo observado. Isto, no entanto, não deve diminuir o valor de uma avaliação bem planejada e bem conduzida. Freqüentemente, as pessoas são mais críticas na avaliação do que normalmente são e, assim, podem fornecer interessantes e importantes contribuições sobre problemas potenciais do sistema. Portanto, para que seja realizada uma boa avaliação final, nada substitui o uso das pessoas que realmente estarão expostas às condições reais de operação do sistema. Algo que pode parecer óbvio para o time de projeto, pode parecer muito confuso para os usuários.

3.3 GERENCIANDO O ERRO HUMANO ATRAVÉS DO PROJETO

Buscamos, nesta parte do capítulo, avaliar, segundo o Center for Checomical Process Safety (CCPS) do American Institute of Chemical Engineers (1994), como uma organização pode gerenciar os erros humanos através de uma abordagem focada no desenvolvimento de novos projetos ou de projetos em plantas existentes.

O processo descreve ações focadas em gerenciamento e, também, nos fatores operacionais, como treinamento, procedimentos.

O CCPS definiu um sistema de gerenciamento de segurança de processos composto de 07 elementos chave que impactam diretamente nos princípios dos fatores humanos.

a) Responsabilidade, Objetivos e Metas

Este elemento reflete a obrigatoriedade da organização e líderes em atender a expectativas, metas e objetivos. Este é um importante elemento no sistema de gerenciamento de segurança de processos. A fim de melhorar as questões de segurança e assegurar melhorias no gerenciamento de riscos de processos, a redução dos riscos com erro humano deve ser garantida. A situação do trabalho é de forma predominante a causa para os erros humanos, e a estrutura gerencial tem controle sobre a situação do trabalho.

Para que a redução do erro humano seja uma prioridade, o grupo gerencial deve, através de certas ações e políticas, deixar isto claro como:

- Demonstrar compromisso explícito com o assunto;
- Estabelecer um ambiente de não punição e represálias;
- Alocar recursos;
- Promover o entendimento e orientação;
- Eliminar recorrência de desvios e situações que levem ao erro humano.

b) Revisão de Projetos de Capital e Procedimentos de Projeto

Este elemento deve garantir que, em todas as fases do projeto, que, conforme mencionado no guia do American Institute of Chemical Engineers (AICHE), intitulado *Preventing Human Error in Process Safety* (1994), pode-se dividir em Projeto Conceitual, Projeto Básico, Projeto de Detalhamento, Processo de Fornecimento e Construção de Equipamentos e Sistemas e Comissionamento, exista um sistema de gerenciamento de revisões e mudanças.

A influência dos fatores humanos no processo do projeto deve ser integrada no desenvolvimento do mesmo.

Na fase conceitual, os objetivos do sistema são definidos, performances e especificações. Também, são avaliados a viabilidade técnica e econômica do projeto.

As considerações sobre os fatores humanos, incluindo considerações sobre a população do local onde será instalado o projeto, aspectos educacionais e de formação profissional, idioma, normas e condições ambientais devem ser considerados, pois podem ter um impacto significativo nos estágios posteriores do projeto.

Na fase de engenharia básica, devem ser definidas as funções que irão requerer interface do homem, o que é melhor automatizar ou não.

Os requisitos do sistema influenciarão nos fatores humanos em: requisitos e perfis das pessoas, demandas físicas e ambientais para os operadores, demandas mentais como (o número e a complexidade das informações e o tempo de resposta para algumas ações).

Na etapa de detalhamento do projeto, as especificações e desenhos para construção já estão sendo desenvolvidos. Atenção deve ser dada para as interfaces entre Homem-Máquina e Homem – computador – sistema, comunicação e informação necessárias, manutenção dos sistemas e seus requisitos, identificação e sinalizações, atividades que serão realizadas manualmente, alarmes. Pode ser útil, neste momento, para identificar as interfaces com o homem, o uso de maquetes ou outra ferramenta similar. Dependendo dos resultados, pode ser necessário alterar a alocação de algumas funções ou atividades.

Na etapa de suprimento e instalação, é muito importante que se busque garantir que equipamentos e sistemas sejam adquiridos conforme especificado e estejam sendo montados conforme projetado. Erros durante a montagem ou compra podem

comprometer a performance do sistema e introduzir aspectos que venham a induzir o erro humano.

Na etapa de comissionamento, pode-se avaliar o impacto do projeto na performance do homem. O projetista deve considerar se o operador será ou não capaz de manter o sistema em operação normal com a performance e com condições especificadas. Observações do pessoal e conversa com eles são bastante efetivas e deveriam ser aplicadas nesta fase. Alterações deveriam ser realizadas aonde necessárias para prover a performance adequada do sistema e das pessoas envolvidas na operação e manutenção.

Para concluir este item, seguem como referência, alguns aspectos a se considerar em um projeto, a fim de se buscar contemplar os fatores humanos, segundo Sanders e McCornick (1993). Poderá ser útil avaliar o questionário (ANEXO D) que aborda itens à serem considerados na concepção de um projeto ou função. Algumas destas questões podem não se aplicar a todas as situações e, também, não se esgotar o tema. Porém se aplicado, o questionário contribuirá para melhoria da confiabilidade do projeto.

c) Gerenciamento dos Riscos de Processo

A análise de riscos é o primeiro passo no gerenciamento de risco de processo. Afim de que esta atividade seja realizada adequadamente, o time de análise e identificação de riscos deve estar bem capacitado. Todas as funções devem ser estimuladas a relatarem o que conhecem sobre a atividade e os riscos da execução da mesma.

Para liderar a análise o profissional deve entender a capacidade das pessoas envolvidas na operação e a capacidade requerida pelo sistema nas diferentes condições de operação do mesmo. Informações sobre erro humano devem estar disponíveis durante a investigação para ajudar ao grupo.

d) Gerenciamento de Mudanças

Os procedimentos de gerenciamento de mudanças têm que ser simples a fim de garantir efetividade durante as mudanças. Muitas mudanças e propostas de alterações ocorrem e não são reconhecidas como mudanças, portanto não são analisadas previamente em seus possíveis impactos para performance do homem ou do sistema. Dentre elas podemos citar:

- Filosofia e estilo gerencial
- Estrutura organizacional ou relações de liderança
- Relacionamento da organização com sindicatos e outras instituições
- Regimes de turno
- Alteração da estrutura de *staff*
- Condições do ambiente do trabalho (iluminação, ruído, temperatura)
- Nível educacional e de formação dos empregados (Nível operacional ou de liderança)
- Organização do trabalho
- Fluxo de trabalho
- Autoridade e responsabilidade dos supervisores ou operadores de primeira linha
- Metas e objetivos de produção
- Perfil requerido para realização das atividades
- Informações e relatórios a serem elaborados e enviados
- Filosofia de controle de processo (por exemplo, sistema supervisionado de segurança, sistema de controle computadorizado ou não, operação em situação normal e em emergência e o envolvimento do operador nestas duas situações)
- Nível de estresse (operação mais ou menos complexa, velocidades

requeridas de ação, quantidade de informações que precisam ser memorizadas para se tomar ação etc.)

e) Integridade dos Processos e Equipamentos

Integridade de equipamento é primeiramente atingida através de um bom projeto e instalação, e da consideração adequada dos fatores humanos ao longo do desenvolvimento do projeto.

f) Treinamento, Capacitação e Performance

O treinamento e o programa de treinamento devem mais que simplesmente seguir e praticar os procedimentos. Ele requer que sejam entendidas as razões dos procedimentos, as conseqüências dos desvios nos procedimentos, e aceitação e reconhecimento para o fato de que a performance requerida será diferente da experimentada nas sessões de treinamento.

O treinamento deve assegurar que os procedimentos operacionais estejam contemplados e que, na medida do possível, sejam minimizadas as diferenças entre a situação real e a simulada.

O treinamento não pode ser considerado como substituto ou uma remediação a um projeto ruim. O treinamento pode ser considerado e aplicado em dois níveis.

- Geral (apresentação geral do processo, alertas, riscos etc.) – nível de informação educacional;
- Detalhado – Objetiva buscar atingir e avaliar performance nas atividades, funções, desenvolvimento de perfis das pessoas envolvidas.

Normalmente, é impraticável dar treinamento detalhado para todos os trabalhadores, abordando, inclusive, fatores humanos, segurança de processos. Porém, no mínimo, deve-se considerar a realização de um treinamento compacto sobre estes assuntos para todos os empregados, e um detalhado para as pessoas mais expostas à operação e manutenção.

Em todos os programas de treinamento, a importância em identificar, reportar e eliminar situações que possam ser classificadas como erro humano, reporte de erros e quase perda (incidente) e busca de como prevenir a ocorrência do erro humano devem ser enfatizados. Para o sucesso nesta etapa, é muito importante que haja um ambiente de não punição e de estímulo a este trabalho.

Seguem alguns aspectos relevantes, relacionados com fatores humanos que devem ser abordados nos treinamentos, sendo estes apenas uma amostragem do que pode ser explorado no treinamento, sem exaurir o tema:

- O instrutor deve conhecer e entender sobre os princípios relacionados aos fatores humanos;
- O ambiente do treinamento deve ser livre de ruído, boa temperatura e luminosidade, e devem existir bons recursos áudio visuais;
- A comunicação deve ser objetiva. Evitar informações não relevantes;
- Assegurar o entendimento dos objetivos e entender as conseqüências de não seguir o procedimento são uma parte vital do aprendizado de como assegurar a performance desejada nas atividades do procedimento;
- Conhecer as limitações e as tolerâncias do processo são fundamentais;
- Deve-se escolher as atividades e definir os grupos que realizarão os treinamentos o mais próximo das atividades ou tipo de atividades que os mesmos realizarão na operação real;
- Todas as atividades são baseadas em vários níveis diferentes de habilidades. As ações decorrentes do perfil são automáticas e poderão falhar em função de distrações e mudanças. As ações baseadas em regras pré-definidas requerem bons procedimentos e tempo adequado. As ações baseadas no conhecimento requerem conhecimento técnico e pensamento organizado;

- Devem ser identificados e simulados os efeitos do estresse nas situações de emergência. O momento real da emergência deve-se diferenciar da situação simulada. A relutância em acreditar que a emergência existe é a maior causa do atraso nos tempos de resposta;
- As pessoas tendem a desenvolver hábitos não adequados ao longo do tempo e se permitem fazer coisas fora dos procedimentos, comprometendo processo, equipamento, pessoas, meio ambiente etc. A tecnologia pode alterar ao longo do tempo, por estas razões é importante a existência de um programa de retreinamento periódico com intervalos definidos;
- Desenvolver exercícios de avaliação realistas a fim de se verificar, de fato, o aprendizado e o perfil desejado.

Em complemento a um bom programa de treinamento e a existência de bons procedimentos, uma boa performance é imprescindível. Para se conquistar boa performance se requer que haja uma cultura e um ambiente de trabalho que suporte.

Os procedimentos proporcionam conhecer o como, o treinamento reforça isto, aproveitando o conhecimento da pessoa e o entendimento, e a prática desenvolve os perfis desejados. O ambiente deve prover a qualidade de execução.

Um ambiente que estimule e motive as pessoas tende a obter melhores performances. Evidencia-se que os resultados são melhores quando as pessoas estão envolvidas e comprometidas do que simplesmente seguindo procedimentos e instruções.

g) Investigação de Incidentes

A coisa mais importante que deve ser implantada para se ter sucesso em um processo de investigação de incidentes é desenvolver um ambiente não focado na

punição. Caso haja um ambiente não adequado, os únicos acidentes que aparecerão são aqueles que serão difíceis de serem omitidos, como as lesões mais sérias e vazamentos maiores. Mesmo os acidentes classificados como primeiro socorros não serão reportados se existirem penalidades pela ocorrência do acidente ou se existirem prêmios pela não ocorrência de acidentes. Enquanto a cultura prevencionista não estiver implantada, todos os incidentes devem ser reportados, incluindo os quase acidentes. È importante que todos eles estejam no banco de dados para uma análise crítica adequada.

A investigação destes relatórios torna-se obrigatória. Mas a investigação de incidentes requer conhecimento e tecnologia. Um programa de treinamento que foque na identificação da causa raiz, causas secundárias e outras causas é necessário. Investigações superficiais que param quando os atos inseguros e as condições inseguras são identificadas e apenas condenam a pessoa não acrescentam nada ao processo e ao aprendizado decorrentes da existência da perda.

O objetivo é identificar as causas reais do acidente a fim de que estas possam ser eliminadas. Após o início da investigação, deve-se buscar extrair os dados da ocorrência do desvio. Estes dados podem ser utilizados futuramente para: análises de risco; fornecer informações para os programas de treinamento; prover informações para futuros projetos; alterações na planta e informações para planejamento e execução de manutenção.

3.4 PROJETOS INERENTEMENTE SEGUROS E O ERRO HUMANO

Segundo o guia de segurança intrínseca para processos químicos de Bollinger e colaboradores (1996), publicado pela CCPS da AICHE, as premissas principais para desenvolver sistemas à prova do erro humano são:

a) O ser humano e os sistemas projetados por eles são vulneráveis ao erro;
b) Instalações existentes podem conter muitos "gatilhos" que podem causar o erro humano;
c) Projetistas podem prever a instalação de sistemas que permitam detectar o erro e, efetivamente, atuarem antes que o erro torne-se sério.

Em muitos casos, opções de baixo custo, quando implantadas no projeto, podem contribuir para existência de instalações mais seguras com relação à perspectiva dos fatores humanos.

Do ponto de vista dos fatores humanos, o processo químico pode ser projetado de forma segura através da seleção de materiais que suportem o erro humano no manuseio, na mistura, e no carregamento. Se um reagente com alta concentração for usado no processo, informações de reação de alta precisão são necessárias e importantes. Se o reagente utilizado estiver diluído, muito menos controle e precisão serão requeridos do sistema.

Da mesma forma, o equipamento pode ser projetado de forma mais segura para o homem, se forem adotados alguns critérios como:

a) Fazer com que seja simples de entender;
b) Tornando mais fácil de fazer o que é necessário;
c) Limitando o que pode ser feito por ações específicas;

O processo inclui mais do que equipamentos e química. Inclui, também, treinamento, supervisão, e deve prover ferramentas para as pessoas que operam e mantém a instalação.

Por exemplo, evitar fadiga, através da otimização das trocas de turno contribui-se para segurança do processo. Todos estes tipos de iniciativas que sejam adotadas, se forem incorporadas no processo, contribuem para a existência de um processo inerentemente seguro.

As novas instalações devem levar em consideração os aspectos ergonômicos e os fatores humanos durante o projeto, construção, e entrada em operação. Instalações existentes devem, periodicamente, avaliar oportunidades de melhorar os fatores humanos de uma forma inerentemente segura.

A segurança das pessoas em uma instalação existente depende muito de como ela foi projetada. Em algumas instalações, os operadores podem estar fazendo o melhor que podem, trabalhando com cuidado. Porém, se as condições de projeto não levaram em consideração os aspectos de fatores humanos, muitas condições inseguras e atividades podem expor o trabalhador a riscos que poderiam ser evitados. Critérios ergonômicos de projeto devem ser utilizados para definição das condições como layout de equipamentos, válvulas, controles, e qualquer componente onde o operador ou o mantenedor necessite ter acesso.

Projetos que evitam esforços excessivos para as instalações e pessoas são inerentemente mais seguros. Por exemplo instalações com diferentes andares, forçando subidas e descidas constantes das pessoas, fazendo com que estas atuem acima dos limites normais são instalações inerentemente menos seguras que instalações que não requerem estas operações e esforços, pois as pessoas não são desestimuladas a realizarem a operação da forma adequada.

Deve ser considerada a realização de análise de tarefas para identificar a possibilidade dos operadores realizarem o que está sendo requisitado de forma segura e sem comprometer a sua saúde. Assim, as condições de confiabilidade do operador podem ser projetadas na idealização da tarefa.

Os projetos e os sistemas devem minimizar exposições prejudiciais ao homem tanto em operação normal como em situação de emergência. Esta consideração afeta a localização, normal e em emergência, dos drenos e *vents* e outros equipamentos de processo.

Os projetistas devem considerar e conhecer todas as atividades que serão executadas pelo homem durante o projeto de cada disciplina da engenharia. As instalações que são projetadas já levando em consideração os aspectos previstos nos procedimentos operacionais são inerentemente mais seguras do que as que são projetadas sem levar em consideração estes aspectos e procedimentos.

Como dito anteriormente, os projetos devem-se basear no conhecimento do que o homem deverá realizar para operar a planta. Recomenda-se envolver operadores treinados na fase de projeto, aproveitando a realização dos estudos de risco como o "HAZOP´s" para envolver operação e manutenção. Por exemplo, um procedimento de partida que requer que o operador suba e desça três andares de escada, três vezes para operar válvulas numa seqüência correta e definida pode ser melhor projetado com relação aos aspectos de segurança, se a localização das válvulas permitir que o operador necessite apenas uma vez subir e descer as escadas durante esta partida, em vez de três vezes.

Em resumo, procedimentos que são fáceis de serem seguidos são inerentemente mais seguros que os que não o são.

Para se conseguir a interação e, ao mesmo tempo, agregar segurança ao projeto, deve-se envolver operadores treinados em fatores humanos nos times de projeto.

Segundo Sanders e McCormick (1993), os aspectos de manutenção são muito importantes e devem ser considerados nas fases de projeto das instalações e sistemas. Por exemplo, uma estação espacial que requer menos tempo e espaço de deslocamento é, inerentemente, mais segura. Por exemplo, se os astronautas não necessitam ir para fora, então eles estão sujeitos a menos risco. Associando com instalações industriais, os projetos e operações que necessitam menos a entrada em espaços confinados são inerentemente mais seguras. Durante a fase de projeto, deve-se levar em consideração a interação do homem com o processo produtivo e, assim, buscar adotar interações mais seguras que minimizem a exposição do homem.

Por exemplo, em instalações como vagões de trem, caminhões tanque, reatores e tanques de armazenamento que são lavados com o acesso de pessoas, podem ocorrer fatalidades decorrentes de baixo teor de oxigênio ou gases tóxicos no seu interior. Considerando-se os princípios de projetos inerentemente seguros, deve-se prever um sistema de lavagem destes tanques com spray de água pressurizada rotativa que realiza a lavagem interna dos tanques sem necessitar que as pessoas tenham acesso ao mesmo.

A eliminação de filtros que necessitam ser substituídos reduz o potencial de exposição. Isto deve requerer uma reavaliação do projeto do filtro existente ou uma alteração no processo de modo que elimine a necessidade do filtro.

Como princípio básico, temos que, se você não produz resíduos, você não precisa filtrá-los. Se você não instala um filtro, você não precisará mantê-lo.

Os fatores humanos devem ser considerados na locação dos itens que deverão sofrer manutenção, dependendo da freqüência de manutenção requerida para: inspeção de itens e equipamentos, calibração e aferição de itens (em linha, fora do processo, em parada), reparo sem parada de operação. Para estas condições, plataformas permanentes são mais produtivas, mais seguras do que a instalação de andaimes escadas.

A calibração de equipamentos geralmente requer que o instrumento seja desconectado do processo. Os equipamentos que requerem menos calibração são equipamentos inerentemente mais seguros.

Um analisador de oxigênio não está protegendo um forno quando está em calibração. Equipamentos que operam em condições anormais são inerentemente mais seguros que equipamentos que falham ou não operam nestas condições. Por exemplo, um analisador de oxigênio foi projetado para desligar quando o teor de oxigênio fosse menor que 4%. Ao invés do analisador de oxigênio desligar o forno, este permite que os operadores se confundem durante o desligamento do forno e retardem o reinício do forno. Um analisador que continuasse a apresentar o teor de oxigênio real dentro do forno mesmo abaixo de 4% seria inerentemente mais seguro.

Quando se fala de prevenção de erros humanos, deve-se, sempre, se lembrar que: “Para se prevenir erros, é importante que seja fácil fazer o que deve ser feito e difícil o que não pode ser feito” (NORMAN, 1988, p.103). O projeto e o *layout* das instalações podem ser claros na definição e na demonstração do que e como deve ser feita determinada tarefa. Da mesma maneira, o projeto e a definição do programa de treinamento podem aumentar ou diminuir o potencial de ocorrência de erro humano.

Sistemas que permitam a ocorrência de um erro humano de forma fácil devem ser evitados.

Para se evitar os riscos de contaminação de produto e re trabalho de bateladas, geralmente é melhor evitar levar vários produtos químicos juntos em um mesmo *manifold*. Entretanto os *manifolds* podem ser seguros e podem ser a melhor opção de projeto quando projetados, considerando-se todos os fatores preventivos.

Os aspectos de erro humano em projetos associados com o aprendizado e entendimento do processo são um fator importantíssimo para operadores, engenheiros e mantenedores.

As pessoas envolvidas na operação e manutenção do processo necessitem construir um modelo mental correto de como o processo funciona e como este está relacionado com outros processos na dimensão que pode ser vista ou percebida pelas pessoas envolvidas no processo. Se os operadores não entendem o que está acontecendo no processo via as informações disponíveis através dos instrumentos e dos seus olhos, ouvidos, e olfato, eles podem operar o processo de forma incorreta, mesmo tentando e querendo fazer o melhor possível.

Por exemplo, muitas pessoas ajustam o termostato do aparelho de ar condicionado de suas casas para a menor temperatura possível, pensando que o ambiente ficará frio mais rápido, não percebendo que o termostato apenas desarma o compressor quando a temperatura atingir o valor desejado.

Norman (1988) discute um tema denominado conhecimento no mundo versus conhecimento na cabeça. Como conhecimento no mundo, entende-se que uma pessoa realizará uma tarefa pela forma como ele vê a tarefa, enquanto conhecimento na cabeça é o que a pessoa tem de conhecimento adquirido na memória, do como realizar a atividade de forma satisfatória.

Conhecimento no mundo é, por exemplo: Para discar emergência, chame 911, tendo o número identificado no gancho do telefone. Conhecimento na cabeça é a pessoa saber memorizado o telefone da casa da amiga da esposa.

Como princípio: "Se uma pessoa não tem que memorizar algo, com certeza esta pessoa não vai esquecer". (BOLLINGER, 1996)

Para um operador de uma indústria química, conhecimento no mundo é o limite superior e inferior de leitura de uma determinada variável que o operador tem que preencher em uma folha de dados, em que já vem discriminado os dois limites de controle, superior e inferior. Já uma folha de dados apenas com os espaços em branco, requerendo que o operador tenha na memória os dados de limite inferior e superior é a mesma coisa que o caso de conhecimento na cabeça. Este contraste é apresentado no exemplo abaixo, através de dois exemplos de folha de leitura:

CONHECIMENTO NA CABEÇA

HORA	TEMPERATURA DE ENTRADA
08:00	________________
10:00	________________

CONHECIMENTO NO MUNDO

HORA TEMPERATURA DE ENTRADA

Não deve exceder 100º C, inicio emergência 95º C, desligamento do reator 97º C.

HORA	TEMPERATURA DE ENTRADA
08:00	________________
10:00	________________

Os requisitos para treinamento devem ser baseados na complexidade, freqüência e risco de uma atividade. Procedimentos devem estar atualizados. O guia de segurança intrínseca para processos químicos de Bollinger e colaboradores (1996), publicado pela CCPS, da AICHE, propõe recomendações para elaboração de procedimentos escritos.

O projeto dos sistemas de controle deve, na medida do possível, respeitar os aspectos culturais e estereótipos das pessoas do local, pois é desta forma que as pessoas esperam que algo funcione. Como exemplos de estereótipos culturais:

Nos Estados Unidos levanta-se o interruptor para ligar a lâmpada, na Europa abaixa-se para ligar. Água quente do lado esquerdo, água fria do lado direito.

Sinalização para indicar situação das bombas de processo. Nas plantas químicas instaladas nos Estados Unidos, a sinalização na cor verde indica em operação, vermelho parada.

Nas plantas de geração de energia nos Estados Unidos, a cor vermelha indica que o equipamento está em operação (tem potência, oferece risco), na cor verde parada.

A sinalização utilizada para bombas de processo é:

USA – Plantas químicas: verde em operação, vermelha parada.

USA – plantas de energia: vermelha em operação, verde parada.

Planta química no Japão: Vermelha em operação, verde parada.

Na realidade, o que as pessoas esperam que aconteça em função de uma ação própria depende da cultura em que estamos. Como cultura é um aspecto difícil de definir, recomenda-se que sejam projetadas plantas, seguindo-se os conceitos de projetos inerentemente seguros, onde sejam considerados os estereótipos das pessoas do local onde será instalada a unidade, e das pessoas que serão responsáveis pela operação e manutenção da planta.

Seguem algumas recomendações que podem ser utilizadas para o projeto de sistemas de controle.

a) Evitar monotonia – Se os operadores não tiverem o que fazer, eles vão dormir. Mentalmente, se não fisicamente;
b) A informação redundante deve ser de preferência no mesmo instrumento ou muito próximo à outra informação. Por exemplo, pode-se colocar a leitura de dois sensores de nível de um tanque na mesma tela ou carta;
c) Coloque limites de sensibilidade para as alterações dos *set points* das variáveis de processo;
d) Deve ser limitado o *set point* máximo e mínimo das variáveis para mantê-las em condições seguras e de qualidade;
e) Limite o máximo valor de mudança no *set point* para evitar alteração brusca na variável de processo;
f) Prever sistema de amortecimento de controle para alterações do estado de controle manual para automático ou vice versa;
g) Pegue possíveis erros de digitação de decimais pelo software, por exemplo: de 6% para 61% , quando a mudança desejada deveria ser de 6% para 6,1% ;
h) Providencie um manual de operação que forneça a magnitude de possíveis ações do operador, a fim de se atingir determinado objetivo. Ao invés de permitir ao operador que ele decida o quanto ele deve abrir uma válvula, sugira que abra até 5%. Depois, usando pequenos ajustes atinja o fluxo desejado.

É importante que o sistema permita a recuperação das ações e das informações tomadas pelo operador e a reação decorrente da mesma no processo. Isto permitirá a eliminação de possíveis falhas como permite a identificação pelo operador das informações das variáveis que ele está manipulando no momento.

Projete a existência de um sistema de auditorias que avalie e inspecione a confiabilidade dos sistemas críticos e as práticas. Deve ser desenvolvido um método que, através

das auditorias, dê retorno às pessoas, a fim de que sejam melhoradas as performances e a confiabilidade do sistema como um todo.

Um sistema de engenharia intrinsecamente seguro deve assegurar a existência de mecanismos que convertam as lições aprendidas de um projeto em guias, manuais e procedimentos para serem utilizados em futuros projetos. Deveria, também, existir, no sistema de auditoria, metodologia que confirmasse que as lições aprendidas estão sendo aplicadas na pratica.

Continuando a abordagem dos fatores humanos e sua correlação com projetos inerentemente seguros, segundo o guia de segurança intrínseca para processos químicos de Bollinger e colaboradores (1996), publicado pela CCPS da AICHE , a performance humana é profundamente influenciada pela cultura da organização. A cultura de uma unidade, planta ou da companhia varia com relação à capacidade ou nível de decisão que um operador pode tomar individualmente em relação ao processo que opera. A cultura com relação ao conflito sobre parar uma planta por questões de segurança ou continuar a operar varia também.

Uma filosofia de operação que treina e dá autoridade aos operadores que parem uma planta por questões de segurança é a de uma planta que possui um importante aspecto de operação inerentemente segura.

3.5 CONCLUSÃO

Conforme exposto no referencial teórico pesquisado, a consideração dos fatores humanos em todas as fases de um projeto exige a participação de profissionais especialistas nesta área, como também é necessário que haja uma sistemática de consideração e avaliação dos fatores humanos em todas as fases do projeto, para se conseguir sistemas e produtos confiáveis e mais seguros com relação aos aspectos de ocorrência de erro humano como causa de acidentes pessoais, materiais ou ambientais.

Portanto, avalia-se quais as funções serão exercidas e realizadas pelo ser humano em um sistema ou equipamento, qual a performance requerida pelo sistema na atuação do homem e quais os requisitos necessários para que o homem possa realizar esta função com confiabilidade, qualidade. Com isto estará se buscando preservar os valores humanos dispondo sistemas mais seguros e confiáveis para operação.

Pode-se evidenciar na pesquisa que, historicamente existe uma grande quantidade de projetos e produtos desenvolvidos sem a devida consideração dos fatores humanos.Este fato impede que uma importante iniciativa, a eliminação ou minimização do erro humano na fase de projeto, seja desprezada, permitindo que a confiabilidade de sistemas e equipamentos, durante a interface com o homem, seja baixa, aumentando a probabilidade de provocar perdas que podem sacrificar vidas humanas, causar impactos ambientais e também provocar grandes perdas materiais.

Ações devem ser tomadas pelas lideranças das organizações, pelas áreas de projeto e áreas industriais, no sentido de se encarar o estudo e a busca da confiabilidade humana, ou seja, o entendimento da capacidade do homem na interface com sistemas e produtos e do potencial da ocorrência do erro humano na realização de atividades e na interface com sistemas como uma disciplina importante, necessária e fundamental, e não com olhares de busca de culpar pessoas pela eventual ocorrência de uma perda quando as causas que a provocaram, não foram, em grande parte, devidamente pré-analisadas, estudadas, e devidamente prevenidas através do treinamento de pessoas.

O que se observa é que, normalmente, o ambiente industrial entende e, tecnicamente, aceita que um componente físico, uma peça, um equipamento possa falhar em decorrência de perda de vida útil, deficiência de manutenção ou outro motivo. Porém, quando ocorre uma perda ou uma falha onde fica evidenciado um erro humano, há a tendência de se culpar as pessoas, tornando, assim, o próprio processo de melhoria e entendimento dos fatores humanos dificultado e de difícil aplicação no ambiente de trabalho.

Para concluir este capítulo, verifica-se que a não consideração dos fatores humanos no projeto é uma perda muito grande, pois se perde a oportunidade de eliminar muitos acidentes futuros que, se analisados com consistência técnica e gerencialmente, com certeza não ocorreriam. Este fato pode ser evidenciado no capítulo 4 em que avaliamos os acidentes na Braskem Unidade de Insumos Básicos e sua correlação com os fatos descritos nos dois capítulos anteriores.

4 PESQUISA DE CAMPO E INTERPRETAÇÃO DE RESULTADOS DA BRASKEM - UNIB

O objetivo deste capítulo é apresentar o resultado da pesquisa sobre como o erro e os fatores humanos impactaram na ocorrência de acidentes na Unidade de Insumos Básicos nos anos de 2001, 2002 e 2003 e também avaliar as hipóteses levantadas neste trabalho, que são:

- A maioria das causas dos acidentes de trabalho na Braskem Unidade de Insumos Básicos é devido ao erro humano na realização das tarefas e fatores humanos não contemplados na realização dos projetos.
- A não consideração dos fatores humanos na elaboração dos projetos contribui para ocorrência de acidentes e para existência de processos com a confiabilidade reduzida.

A fim de avaliar os resultados de acidentes no período mencionado, faz-se necessário conhecer a metodologia de tratamento dos desvios e acidentes na Braskem UNIB, que é definida na norma de procedimento NP 0600-01 (Sistemática de Tratamento de Desvios e Comunicação de Ocorrências). O objetivo desta norma é definir a sistemática de registro e tratamento dos desvios de qualidade, saúde, segurança e meio ambiente. Abaixo segue a metodologia para tratamento do desvio (Acidente, Incidente, Emergência etc.).

A sistemática de tratamento do desvio contempla quatro etapas, que têm por objetivo final a redução de impactos ao Sistema da Qualidade, aos Clientes, ao Processo Produtivo, à Segurança, Saúde dos Trabalhadores e ao Meio-Ambiente:

- Etapa 1 – Registro do Desvio
- Etapa 2 – Análise do Desvio e Proposição de Ações
- Etapa 3 – Implementação das Ações
- Etapa 4 – Verificação da Efetividade das Ações

Todas as etapas têm registros eletrônicos contidos no Sistema de Tratamento de Desvios (STD), disponibilizado na rede Braskem-Unidade de Insumos Básicos.

Os dados do STD são armazenados no sistema por um período de 10 anos, após este período, devem ser armazenados em CD que ficará disponível na área de informática da Empresa, para eventuais consultas.

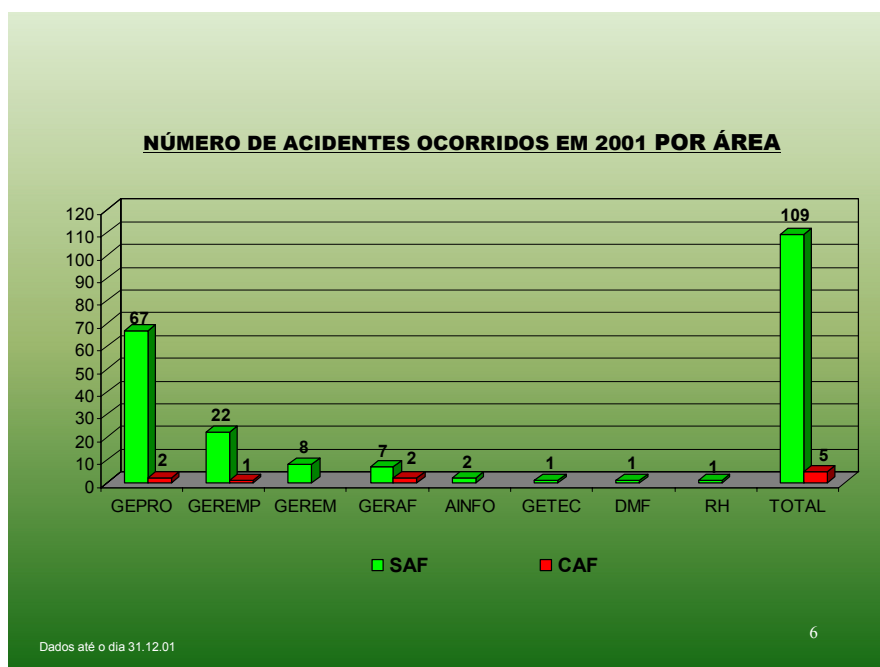
Avaliou-se, mais em detalhes, a etapa 2, que suporta a elaboração da análise e a classificação das causas dos desvios que alimentam as análises consolidadas das causas dos acidentes.

Na etapa 2, são identificadas as causas raiz, através da técnica de análise dos "5 porquês". Cada causa raiz identificada deve ser classificada segundo a seguinte tabela abaixo:

Classe	**H** ***Homem***	**E** ***Equipamento***	**S** ***Suprimento***	**A** ***Ambiente***	**P** ***Procedimento***
Subclasse	1. Capacitação 2. Conscientização 3. Informação 4. Prioridade	1. Aquisição 2. Instalação 3. Manutenção 4. Projeto 5. Processo / Operação	1. Corrente Residual 2. Matéria-Prima 3. Produto Final 4. Corrente Intermediária 5. Produto Químico 6. Utilidade	1. Agentes Externos 2. Condição Climática	1.Desatualizado 2. Errado 3. Incompleto 4. Inexistente

Fonte: BRASKEM, 2004b
Quadro 8 - Classificação das Causas Raiz dos Desvios - tabela do HESAP

Para cada causa raiz, deverá haver pelo menos uma ação corretiva com abrangência definida e a indicação de responsável e prazo.

No ano de 2001 foram registrados 114 acidentes com integrantes (funcionários próprios) e parceiros, a grande maioria deles se concentrando nas áreas operacionais, conforme pode ser visualizado na Figura 12 abaixo.

Fonte: BRASKEM , 2002

Legenda das áreas:
GEPRO – Gerencia de Produção
GEREMP – Gerência de Empreendimentos
AINFO – Assessoria de informática
RH – Recursos Humanos
GEREM – Gerência de Materiais
GERAF – Gerência Financeira
GETEC – Gerência de Tecnologia
Vermelho-afastamento; Verde sem afastamento

Figura 12 - Número de Acidentes por Área

Avaliando-se as causas dos 114 acidentes e fazendo uma análise segundo o critério definido na norma, (Figura 13) identifica-se que 43% das causas dos acidentes estão diretamente relacionados ao homem. Outros 15% relacionados com equipamento, a outra parcela, de maior valor, está relacionada com o item procedimento representando 36%. Se considerarmos que o homem tem um impacto significativo nas causas também relacionadas com equipamento e com procedimento, chegamos que em 2001 as causas atribuídas ou envolvendo erro e fatores humanos correspondem a aproximadamente 94% das causas de acidentes na unidade de insumos básicos. Fazendo-se uma correlação com o quadro 1 apresentado anteriormente onde constam alguns estudos realizados, vemos que: O número de 94% fica muito próximo do percentual encontrado

por Joshcheck (1981, *apud* AMERICAN…, 1994) que como resultado afirmou que 80 a 90% de todos os acidentes na indústria química foram causados por erro humano.

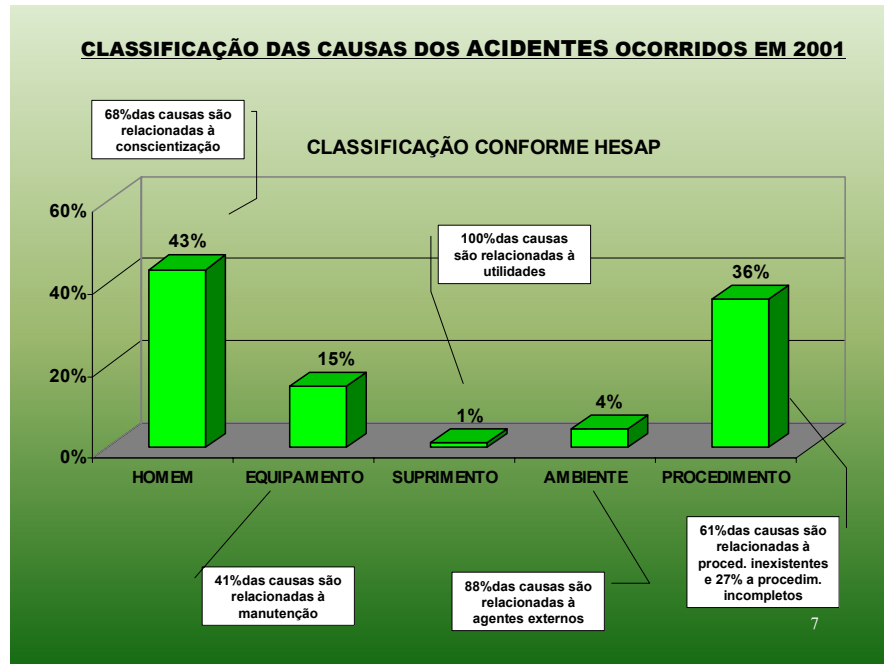
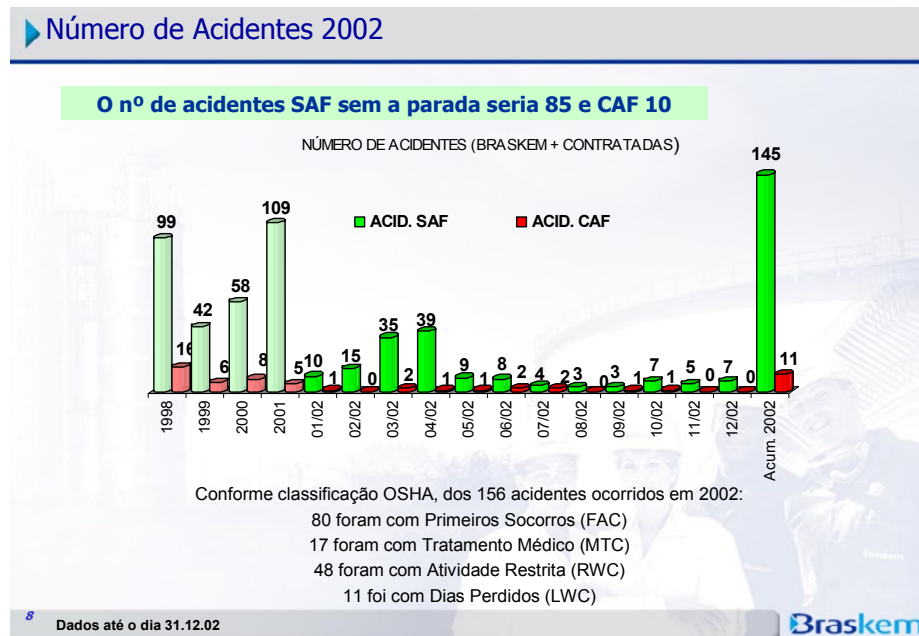
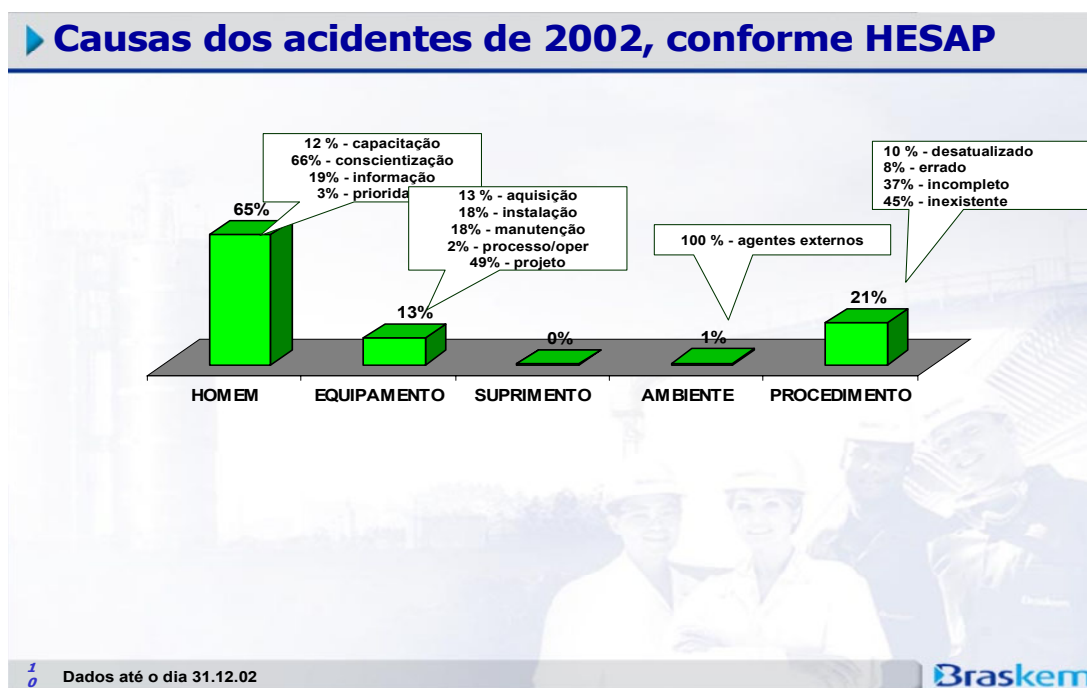
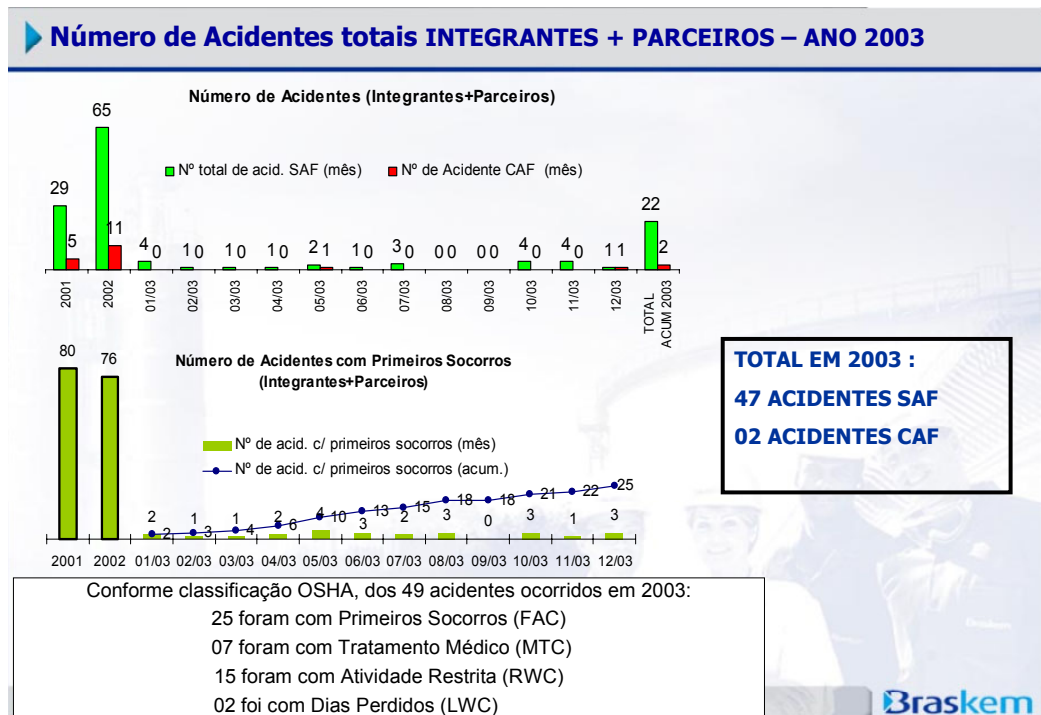
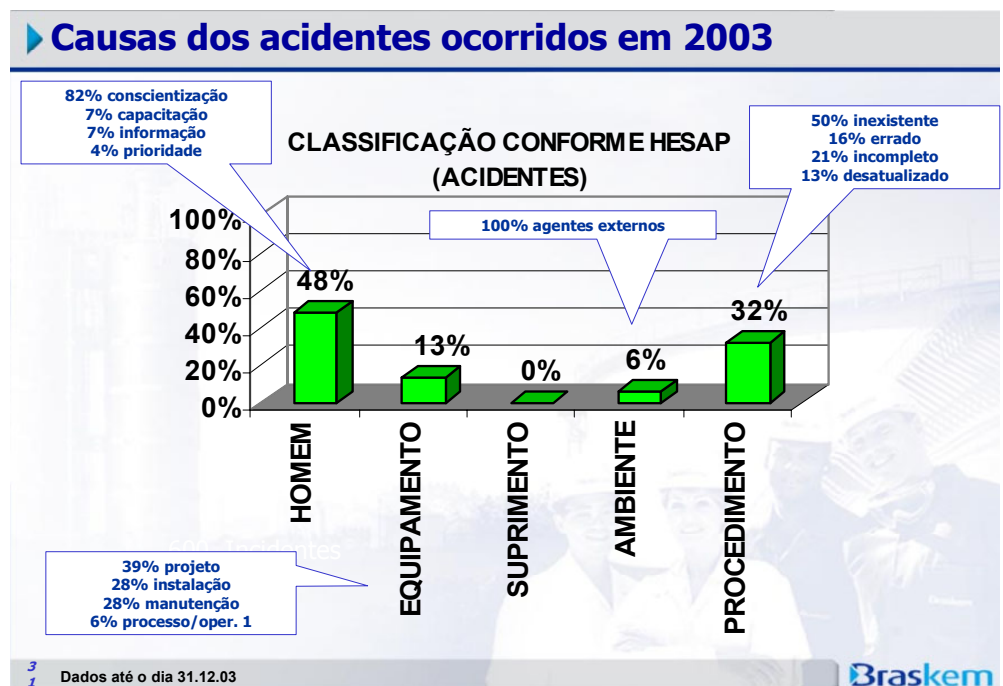
Analisando-se estes números mais em detalhes dos 43% das causas atribuídas diretamente ao homem, 68% destas estão relacionadas com conscientização, fato que faz com que 29,24% do total dos acidentes foram causados por problemas de conscientização da realização direta da tarefa. Com relação as causas atribuídas a equipamento vemos que 41% destas estão relacionadas com deficiência em manutenção dos mesmos. O que como conseqüência temos que 41% de 15% é aproximadamente 6% que se aproxima dos resultados obtidos no estudo de Uehara e Hoosegow (1986 *apud* AMERICAN…, 1994) que atribuiu 9% dos 58% das causas básicas dos incêndios em refinarias, conforme apresentado no Quadro 1. Outra análise importante é o percentual de 36% encontrado para as causas atribuídas a procedimentos. Destes 36%, 61% estão relacionados com procedimentos inexistentes e 27% com procedimentos incompletos.Conforme avaliamos no referencial teórico apresentado no capítulo 3 sobre os fatores humanos como possível causa de acidentes, observa-se que é de grande importância nas fases iniciais do projeto se analisar e definir quais as funções e atividades que deverão ser realizadas pelo homem e através destas análises, deve-se trabalhar na definição e na elaboração dos procedimentos. Portanto é de se acreditar que a não consideração dos fatores humanos na concepção dos projetos ainda tem contribuído com os acidentes ocorridos na Braskem – UNIB.

Fonte: BRASKEM, 2002
Figura 13 - Classificação das Causas de Acidentes em 2001

Fonte: BRASKEM , 2003

Figura 14 - Número de Acidentes Ocorridos em 2002

No ano de 2002, ocorreram 156 acidentes, envolvendo integrantes Braskem e contratadas, na Unidade de Insumos Básicos, com diferentes níveis de gravidade. Cento quarenta e cinco acidentes foram sem afastamento do trabalho e 11 acidentes com afastamento.

Conforme apresentado na Figura 15, pode-se verificar que, pela classificação das causas raiz dos acidentes, 65% das causas estão diretamente relacionadas com o homem, enquanto outras, como 13% referentes a equipamento e 21% referentes a procedimentos. Avaliando-se a contribuição das causas relacionadas com Homem, Equipamento e Procedimento que são as causas relacionadas com erro e fator humano verifica-se que estas causas atingiram mais de 95% dos acidentes em 2002. Segundo o estudo de Rasmussen (1989 *apud* AMERICAN..., 1994), Quadro 1, erros de procedimento representaram 24% das causas de 190 graves acidentes na indústria, percentual este próximo dos 21% encontrados em 2202 na Braskem – UNIB.

Fonte: BRASKEM, 2003
Figura 15 - Classificação das Causas de Acidentes em 2002

No ano de 2003, ocorreram 49 acidentes, envolvendo integrantes e parceiros, sendo 47 sem afastamento e 02 com afastamento.

Fonte: BRASKEM , 2004
Figura 16 - Número de Acidentes em 2003

Fonte: BRASKEM, 2004
Figura 17 - Classificação das Causas dos Acidentes em 2003

Conforme apresentado na Figura 17, as causas dos acidentes no ano de 2003 foram distribuídas em causas atribuídas diretamente ao Homem 48%, Equipamento 13%, Causas externas 6% e Procedimento 32%. Com relação a classe de classificação homem o valor de 82% atribuído a conscientização nos leva a refletir sobre o que pode levar uma pessoa que conhece os riscos assumir estes riscos e realizar a atividade com chance de se acidentar? Parte desta resposta pode ser atribuída a baixa cultura de prevenção existente, onde os aspectos relacionados com a cultura de assumir riscos pode ser evidenciada inclusive na vida social das pessoas, ou seja, fora do ambiente de trabalho.

Analisando-se a composição das causas relacionadas com o Homem. Equipamento e Procedimento como um todo, temos um total de 93% das causas dos acidentes que ocorreram em 2003 atribuídas a estas classes. Portanto, conforme analisamos nos anos anteriores podemos também constatar que em 2003 as causas dos acidentes relacionadas com erros ou fatores humanos representam a maior causa dos acidentes ocorridos no ano.

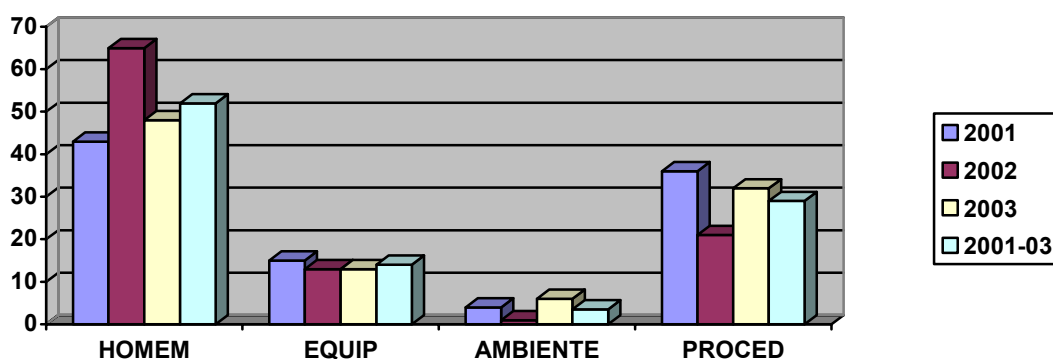
A Figura 18 apresenta uma análise consolidada das causas dos acidentes ocorridos nos período 2001 a 2003, a fim de ser realizada uma análise mais detalhada dos resultados.

HOMEM: 52% EQUIPAMENTO: 14% AMBIENTE: 3,5% PROCEDIMENTO: 29%

Figura 18 – Causas dos Acidentes Segundo HESAP (2001-2003)

Analisando-se os resultados dos 319 acidentes ocorridos no período de 2001 a 2003, verifica-se que as causas associadas diretamente com o homem representam 52%. As subclasses relacionadas com a classe homem são capacitação, conscientização, informação e prioridade. Todas muito relacionadas com os valores e com a cultura de prevenção existente na organização e nas pessoas. Conforme Quadro 1, segundo Rasmussen (1989 *apud* AMERICAN..., 1994) os resultados de estudos de 190 graves acidentes na indústria, demonstraram que duas das quatro principais causas dos acidentes são conhecimento insuficiente (34%) e erros pessoais(16%). Portanto, segundo a pesquisa de Rasmussen (1989 *apud* AMERICAN..., 1994) 50% das causas diretamente relacionadas com o homem . Este percentual se aproxima do resultado obtido na Braskem UNIB que foi 52%.

Com relação as causas relacionadas com procedimentos na UNIB tivemos como resultado dos três anos 29%. A classe procedimento tem como sub classes: procedimento desatualizado, procedimento errado, procedimento incompleto ou procedimento inexistente. Com relação a este dado identificamos também uma similaridade com o estudo de Rasmussen (1989 *apud* AMERICAN..., 1994) onde 24% das causas dos 190 acidentes graves analisados por ele foram relacionadas com procedimentos. Conforme Quadro 1 desta pesquisa, outra pesquisa que aponta este fator como destaque é a realizada por Butikofer (1986 *apud* AMERICAN..., 1994) que identifica procedimentos inadequados como responsável por 11% das causas dos acidentes em petroquímicas e refinarias. Na análise realizada no capítulo 3, verifica-se que os fatores humanos é uma importante etapa do projeto na prevenção dos acidentes. Nesta etapa uma das principais tarefas é a definição das funções e atividades que serão executadas pelo homem. Deve-se analisar os riscos associados aos passos destas atividades e com estas e outras informações se elabora os procedimentos que apoiarão a elaboração dos programas de treinamento e definição dos perfis e requisitos das pessoas.

Analisando-se a classe relacionada com equipamento, encontramos que esta classe representa 14% das causas dos acidentes. Aprofundando nesta análise a sub classe erro de projeto

corresponde a aproximadamente metade da classe equipamento. Este dado é bastante significativo pois representa em torno de 6% das causas totais de acidentes no período de 2001 a 2003 onde o projeto impacta no equipamento. A subclasse manutenção tem um peso aproximado de 30% na classe equipamento e representa os erros de manutenção que causaram acidentes. Estes 30% contribui com aproximadamente 5% do total das causas, ficando próximo do resultado do estudo de Uehara e Hoosegow (1986 *apud* AMERICAN..., 1994) apresentado no Quadro 1, onde as falhas de manutenção representam 9% das causas básicas dos incêndios em refinarias. Por fim analisando-se o impacto do erro e dos fatores humanos no total no período de 2001 a 2003, encontramos 95% das causas dos acidentes diretamente relacionadas a erros e fatores humanos, considerando-se as causas Homem, Equipamento e Procedimento como causas relacionadas. Este número está alinhado com vários estudos, como podemos ver no Quadro 1, onde segundo Joshchek (1981 *apud* AMERICAN..., 1994) entre 80 a 90% de todos os acidentes na indústria química foram causados por erro humano.

Com base nos resultados consolidados se verifica que, além dos aspectos diretamente associados ao homem, aspectos de projeto foram responsáveis por grande número dos acidentes que ocorreram na Unidade de Insumos Básicos da Braskem.

O outro objetivo específico colocado para ser avaliado nesta dissertação foi analisar a sistemática de desenvolvimento de projetos na Braskem Unidade de Insumos Básicos, verificando se as questões de confiabilidade humana são contempladas de forma sistêmica na forma de realizar projetos na Braskem UNIB. Para atingir parte deste objetivo, foram avaliados os procedimentos PR CP 005 (Implantação de Empreendimentos) e o PR CP 007 (Projeto Conceitual de Engenharia). Esta avaliação objetivou verificar como as questões de fatores humanos são consideradas nos mesmos.

O objetivo do PRCP 005 é definir critérios e estabelecer a sistemática para implantação de empreendimentos nas unidades de negócio da Braskem. Aplica-se a todas as unidades de negócio da Empresa.

Para gerenciamento de projetos deverá ser aplicado o modelo de evolução de etapas de conceituação, no qual o investimento é continuamente analisado e confrontado com parâmetros econômicos antes de passar para uma etapa mais avançada. As etapas e os seus respectivos contornos deverão seguir o fluxo abaixo.

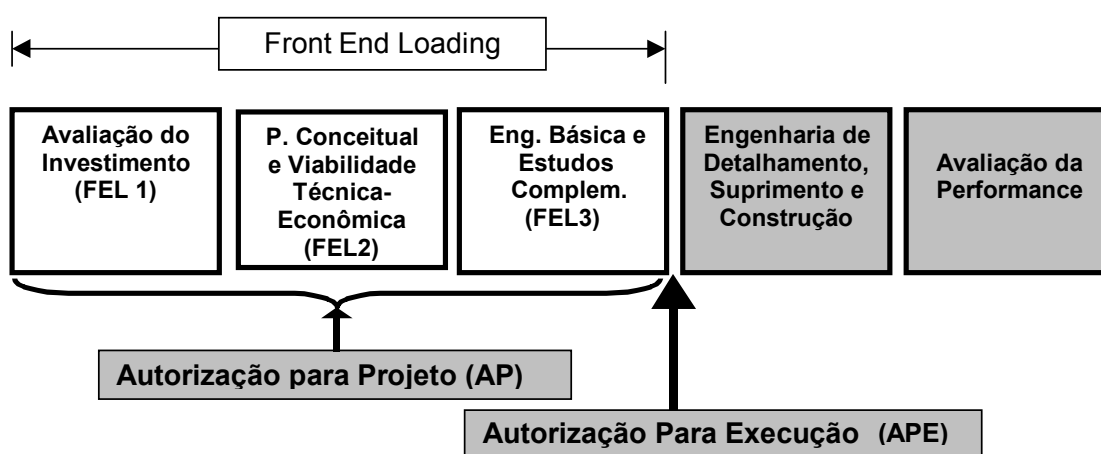
A fim de avaliar com mais detalhes o que é executado em cada fase do projeto, a Figura 19 apresenta as atividades desenvolvidas em cada fase:

Fonte: BRASKEM, 2003a

Figura 19 - Processo de Realização de Empreendimento-Projeto

Avaliação do Investimento (FEL 1)

Nesta etapa, as seguintes avaliações deverão ser realizadas, quando aplicáveis:

- Alinhamento com Plano Estratégico da Empresa;
- Escolha da equipe do projeto;
- Avaliação do mercado;
- Verificação de alternativas;
- Escolha do local/ativo onde o investimento deve ser realizado;
- Identificação de alternativas tecnológicas;

- Avaliação de possíveis impactos à segurança, saúde e meio-ambiente;
- *Design Review* para definição do empreendimento (DR-0);
- Estimativa preliminar do custo com precisão de 40 - 50%;
- Análise preliminar de Viabilidade Técnica e Econômica do Investimento

Projeto Conceitual e Viabilidade Técnico/Econômica (FEL 2)

Esta etapa requer que as seguintes ações sejam executadas, quando aplicáveis:

- Integração da equipe de projeto;
- Seleção da Tecnologia;
- Emissão do Projeto Conceitual;
- Emissão das folhas de dados de processo preliminares;
- Levantamento de aspectos e impactos, perigos e danos;
- Avaliação de possíveis impactos, quando da necessidade futura de desativação do sistema ou planta;
- Análise Preliminar de Risco de Processo;
- Definição das filosofias de manutenção e operação;
- Aplicação da Análise do Valor;
- Aplicação de Matriz de Risco e Aceitabilidade para investimentos de SSMA e REPO (Reposição);
- Revisão do Projeto Conceitual do empreendimento;
- Definição preliminar do escopo e cronograma do empreendimento;
- Reavaliação da estimativa preliminar do custo com precisão de 25-30%;

- Revisão do Estudo de Viabilidade Técnica Econômica preliminar (EVTE).

Engenharia Básica e Estudos Complementares (FEL 3)

Nesta etapa, as seguintes ações devem ser implantadas, quando aplicáveis:

- Definição final do escopo;
- Execução do Projeto Básico;
- Revisão ou Elaboração da Análise de Risco de Processo (HAZOP, APP, etc.);
- Consolidação da Análise do Valor;
- Congelamento dos P&ID's e Plot Plan;
- *Design Review* do Projeto Básico do empreendimento (DR-2);
- Planejamento de execução do empreendimento, com cronograma detalhado;
- Estimativa de custo com precisão de 10-15%;
- Reavaliação do Estudo de Viabilidade Técnico/Econômica (EVTE);
- Cronograma de desembolso mensal estimado;
- Avaliação do Risco do Empreendimento/Análise de Sensibilidade;
- Emissão da APE para aprovação - Autorização para Execução do Empreendimento.

Abaixo, listou-se quais as informações, segundo o procedimento PR CP 007 (BRASKEM, 2003a.), que devem ser requeridas no projeto conceitual para detalhamento do projeto:

Seção	Item	Nova Unidade	Aumento de Capacidade	Modificação
0100	Objetivo do Projeto	E	E	E
0200	Finalidade do Processo	E	E	E
0300	Considerações Gerais sobre o Processo	E	E	R
0400	Descrição do Processo	E	R	R
0500	Fluxogramas Preliminares (PFD's)	E	R	R
0600	Bases de Projeto	E	R	R
0700	Estratégia de Implantação	E	E	E
0800	Balanço Material e Propriedades Físicas	E	R	R
0900	Consumo de Utilidades e Condições no LB	E	R	R
1000	Condições das Cargas e Produtos no LB	E	R	R
1100	Condições de Armazenamento das Cargas e Produtos	E	R	R
1200	Consumo de Insumos	E	R	R
1300	Lista de Equipamentos	E	R	R
1400	Dados de Processo para Equipamentos	E	R	R
1500	Lista de Analisadores *on-line* / Pontos de Amostragem / Métodos de Análise	E	R	R
1600	*Lay-Out* / Localização de Equipamentos	E	R	R
1700	Higiene e Segurança / Manuseio de Produtos	E		
1800	Efluentes Gerados / Sistema de Despejos	E	R	R
1900	Condições Meteorológicas	E		
2000	Estudo de Perigo (HAZOP / APP / FMEA)	E	E	E
2100	Viabilidade do Investimento	E	E	E

Fonte: BRASKEM, 2003a
Legenda: E = Exceutar R = Recomendar

Quadro 9 -.Informações Requeridas para Realização do Projeto Conceitual.

Este procedimento, no seu anexo 6 (ANEXO C) desta pesquisa, trata de um *check list* para elaboração do projeto conceitual, onde ao se analisar os itens existentes não se evidencia a consideração dos fatores humanos no mesmo.

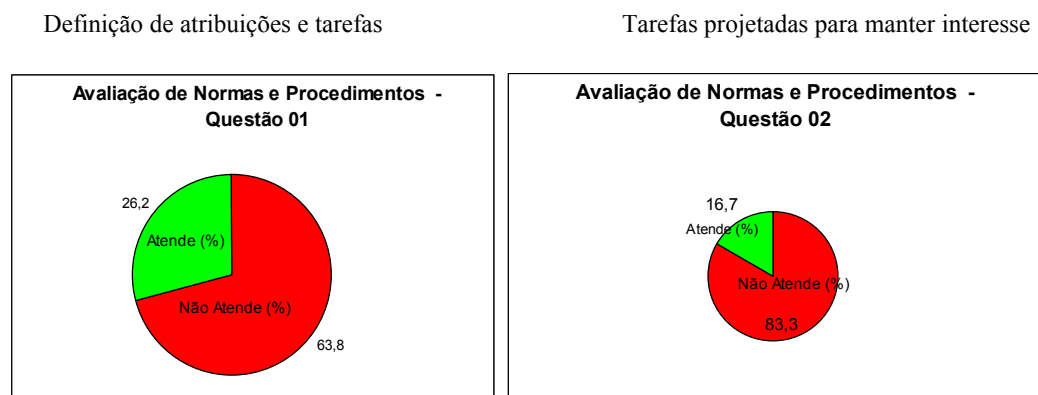
Portanto, fica evidenciado, não só pela análise do procedimento de implementação de projetos PRCP - 005, mas também pelo procedimento de desenvolvimento de projeto conceitual de engenharia, PRCP - 007 etapa na qual, segundo os dados e informações vistas no capítulo 3, do referencial teórico pesquisado e comentado anteriormente, deve-se iniciar as avaliações e definições dos fatores humanos como requisitos para o projeto - que considerações e definições sobre fatores humanos não são contempladas, de forma sistêmica, no desenvolvimento de projetos na Braskem.

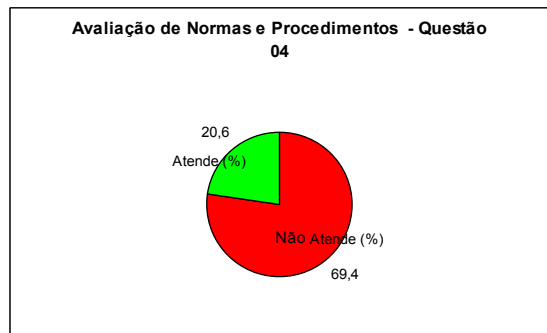
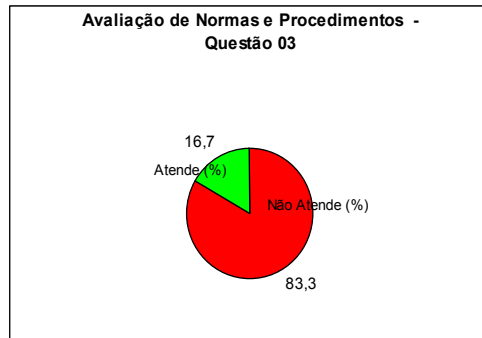
Caso fossem considerados estes aspectos, poder-se-ia assegurar a elaboração de um projeto com alta performance com relação à confiabilidade humana e a minimização do erro humano na operação dos sistemas, conforme evidenciado nos referenciais teóricos avaliados.

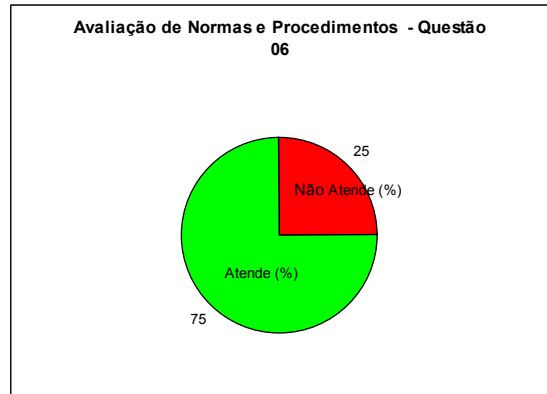
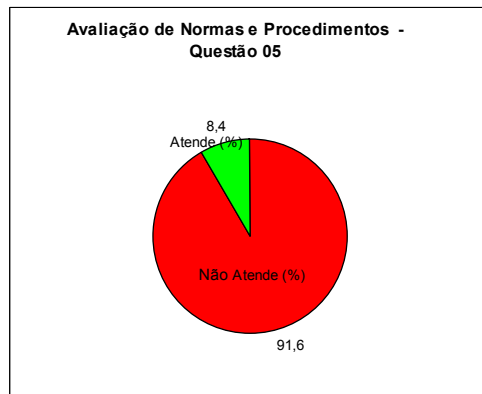
A fim de complementar a análise da pesquisa de campo sobre a consideração dos fatores humanos na UNIB, na elaboração de projeto e na execução de atividades fizemos uma análise, com base em algumas questões do *check list* proposto pela API 770 (LORENZO, 2001). Na análise avaliamos 36 procedimentos de engenharia, de operação, com relação à consideração de questões associadas aos fatores humanos na sua elaboração. Foi analisado, o atendimento pelos procedimentos, a 10 questões identificadas em negrito (ANEXO B) citadas no *check list* do *Guia do Gerente para Redução de Erros Humanos* elaborado por (LORENZO, 2001), que são atribuídas à Análise dos fatores humanos para definição das atribuições e tarefas para o homem e a questões que devem ser atendidas na elaboração de procedimentos.

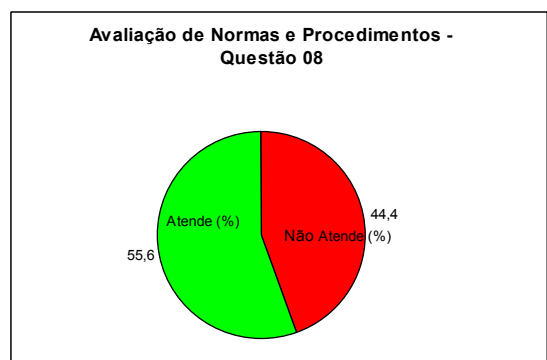
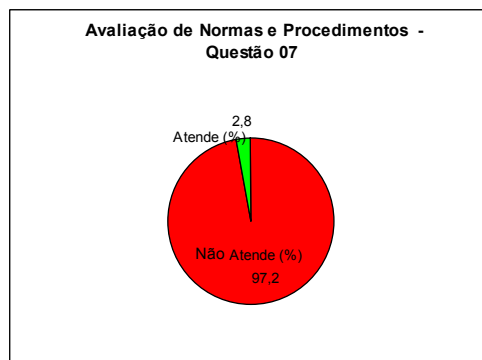
Dos 36 procedimentos avaliados (ANEXO A), 27,5 % das questões referentes aos fatores humanos foram consideradas nos mesmos, ou seja, 72,5 % dos requisitos referentes aos fatores humanos devem ser tratados nos procedimentos avaliados.

Abaixo, na Figura 20, seguem os resultados do percentual de atendimento por questão avaliada em todos os 36 procedimentos:

Definição de atribuições e tarefas | Tarefas projetadas para manter interesse

Tratamento com cargas excessivas de trabalho

Definição de Responsabilidades

Revisão e Disposição de procedimentos

Comunicação eficaz das informações

Modificações de procedimentos

Sistemas de liberação e permissão para trabalho

Procedimentos de emergência

Instruções e procedimentos críticos

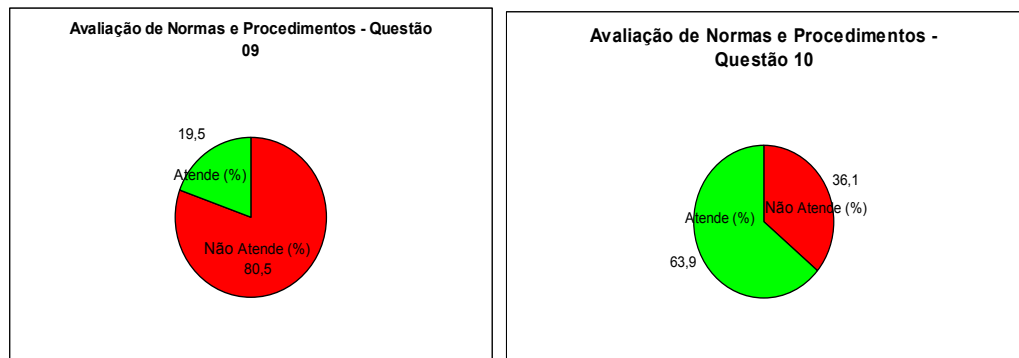



Figura 20 – Avaliação de Normas e Procedimentos Atendidos por Questão

Podemos evidenciar, nesta avaliação dos 36 procedimentos, que diversos requisitos que são recomendados na referência especializada na consideração dos fatores humanos, não são contemplados de forma sistêmica, na elaboração dos procedimentos que avaliamos na UNIB. Acredito que tal fato se deve ao possível desconhecimento por parte das pessoas que elaboraram os procedimentos como também devido a não existência na Braskem de um procedimento ou diretriz que oriente quanto a quais fatores ou requisitos, devem ser considerados na elaboração de procedimentos, para se garantir que as questões de confiabilidade humana sejam contempladas e assim possam ser treinadas as pessoas.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A consideração dos fatores humanos no projeto e nas atividades não se encerra com a definição de uma rotina, de procedimentos e soluções específicas. Entretanto, a consideração sistêmica dos fatores humanos, pelo menos, foca atenção de todas as especialidades envolvidas em projetos, nas operações e processos, induzindo que eles realizem suas funções tendo em mente que existe o ser humano e suas particularidades, interagindo com equipamentos, sistemas e com todo o meio físico e mental. Esta abordagem objetiva introduzir nas organizações a importância e o entendimento junto aos técnicos e lideranças que o ser humano é um elo fundamental dentro da cadeia produtiva. Os aspectos relativos à confiabilidade humana devem ser avaliados e tratados, em sua interação com os sistemas e processos, com tecnologia e conhecimento, respeitando-se, principalmente, as limitações e os valores humanos.

Através desta pesquisa foi possível definir qual o impacto do erro e do fator humano na ocorrência de acidentes na Braskem Unidade de Insumos Básicos, no período de 2001 a 2003, tendo este impacto de 95% demonstrado a importância de se tratar este assunto com profissionalismo e tecnologia a fim de reduzirmos esta ocorrência, contribuindo ainda mais para Braskem ser uma organização referência nas questões de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, alinhada com sua Política, Princípios e Valores Corporativos.

Diante do exposto anteriormente verifica-se as seguintes considerações:

- O objetivo geral de se avaliar a contribuição do erro e do fator humano na ocorrência de acidentes na Braskem Unidade de Insumos Básicos foi atingida, tendo os aspectos de erro e fator humano sido responsáveis por 95% das causas de acidentes, distribuídos em 52% relacionados diretamente ao homem, 14% relacionados a equipamento e 29% relacionados a procedimentos.
- A metodologia de tratamento de desvios da Braskem, HESAP, trata, de forma geral, aspectos relacionados ao homem, equipamento e procedimentos, mas não

correlaciona a identificação das causas dos desvios com ações tecnicamente eficazes e específicas voltadas à minimização da ocorrência do erro humano nas atividades ou nos projetos.

- Avaliou-se a sistemática de desenvolvimento de projetos na Braskem e chegou-se aos seguintes resultados:
  - Não há uma consideração sistêmica dos aspectos de erro e fatores humanos ao longo do desenvolvimento de projetos;
  - Avaliando-se procedimentos importantes e básicos para desenvolver projetos e realizar atividades na Braskem, identifica-se apenas 25% de atendimento a requisitos listados no Guia da API 770 (AMERICAN…, 2001) sobre gerenciamento do erro humano;
  - Nas ferramentas de análise de riscos existentes na Braskem, o foco é dado a identificação e minimização dos riscos de processo, sem uma abordagem voltada a consideração sistêmica do erro humano como fator influente neste processo.

Avaliando-se as hipóteses levantadas neste trabalho, identifica-se que as mesmas foram evidenciadas nos resultados da pesquisa: Tanto a constatação de que a maioria das causas dos acidentes na Braskem Insumos Básicos é decorrente de erros e fatores humanos como também a não consideração dos fatores humanos na elaboração dos projetos na Braskem UNIB contribui para ocorrência de acidentes devidamente comprovados.

Em relação à identificação dos erros e fatores humanos mais freqüentemente identificados nos acidentes, analisando-se os resultados dos anos de 2001 a 2003, percebemos maior percentual das causas na classificação homem, sendo que conforme procedimento NP 0600 01, a causa homem pode ser subdividida em quatro tipos: Capacitação, Conscientização, Informação e Prioridade. O item Conscientização aparece como o fator mais freqüente,

representando 88% dos 43% da causa homem em 2001, 66% dos 65% da causa homem em 2002 e 82% dos 48% da causa homem em 2003.

Os objetivos, geral e específicos, desta pesquisa foram atingidos. Foi avaliada e explicitada a contribuição do erro e fatores humanos na ocorrência de acidentes na Braskem, Unidade de Insumos Básicos. Estas informações foram analisadas e classificadas. Por fim foi avaliada a sistemática de desenvolvimento de projetos, verificando-se o nível de consideração dos aspectos do erro e fatores humanos, conforme explicitado anteriormente.

5.1 PONTOS FORTES E OPORTUNIDADES DE MELHORIA

O objetivo deste item é apresentar pontos fortes e oportunidades de melhoria percebidas durante a pesquisa, a fim de contribuir com a melhoria contínua da Braskem na redução dos acidentes ambientais, com pessoas e materiais. Desvios estes tanto na realização das atividades como no processo de desenvolvimento de projetos, contribuindo para a Braskem se consolidar como uma Petroquímica Brasileira de Classe mundial, focada na prevenção e no desenvolvimento sustentável.

Os resultados da pesquisa e o intento da organização em ser destaque nas questões de SSMA, demonstram a necessidade de investimentos no aspecto cultural, focado na prevenção de acidentes e na melhoria da cultura prevencionista dos integrantes e parceiros. Esta preocupação foi percebida pela organização em 2004 e em função disto, destaca-se o seguinte ponto forte percebido: A Braskem à partir de 2004, decidiu fazer um investimento em parceria com consultorias internacionais, de classe mundial, focando na melhoria comportamental de integrantes e parceiros, investindo milhões de dólares, em projetos na área de segurança, saúde e meio ambiente, voltada a promover um maior conhecimento e análise dos riscos associados às atividades e aos processos, treinamento em ferramentas de análise de riscos e em programas que venham a aumentar a conscientização das pessoas na realização das atividades e nas tomadas de decisão.

Foi definido um sistema integrado de SSMA para a Braskem com elementos estratégicos claramente definidos e alinhados com a política e com os princípios de SSMA. O assunto conscientização das pessoas é tão relevante que um dos 16 elementos o “Desenvolvimento Comportamental” foi escolhido, demonstrando que o aspecto humano e cultural, focado na prevenção, é um fator importante e está sendo considerado pela organização.

Outro aspecto bastante importante e de destaque na Braskem, que é um dos pilares da filosofia de gestão, é o conceito de dono por parte dos líderes com todos os assuntos da sua área. Este compromisso e apropriação se evidencia também nos assuntos de SSMA.

Com relação à metodologia de desenvolvimento de projetos na Braskem destaca-se como positivas, a sistematização das fases de evolução de um empreendimento e a formalização através de procedimento corporativo, com definição clara de responsabilidades.

Como Pontos facilitadores:

- Existência de meios de comunicação como “intranet” e “internet” e outros, como forma de promover a disseminação da informação e a criação de cultura;
- Existência de Compromisso Público e Política integrada de SSMA focada na prevenção, na melhoria contínua e no respeito a todas as partes interessadas;
- Modelo de Gestão, a TEO (Tecnologia Empresarial Odebrecht), que tem no ser humano, a “Origem e o fim de todas as coisas na sociedade e, através de seu trabalho, o meio primordial de sobrevivência, crescimento e perpetuidade da espécie” (ODEBRECHT, 1987).
- Existência de procedimentos e um sistema que assegura a disponibilização dos mesmos;

- Um ciclo de planejamento eficaz que permite a definição e acompanhamento das metas de forma profissional e empresarial;
- Uma visão de médio e longo prazo que foca na sobrevivência e perpetuidade da organização como líder mundial no seu negócio;
- A busca crescente de ter os assuntos de SSMA como valor e de ter líderes comprometidos e alinhados com esta visão.

Recomendações :

- Promover uma reflexão interna, com apoio de consultoria especializada, envolvendo líderes e outras partes interessadas; considerando os aspectos de confiabilidade humana como fator importante para redução das perdas de qualquer natureza na Braskem e para se criar um ambiente de trabalho mais seguro, confiável e produtivo;
- Promover uma revisão na metodologia de investigação dos desvios, focando na melhor identificação da causa raiz relacionada com erro e fatores humanos, tendo na busca da melhoria e na profissionalização destes assuntos um fator importante;
- Revisar os procedimentos e diretrizes de projeto, considerando os aspectos do erro humano e dos fatores humanos ao longo do desenvolvimento de projeto;
- Revisar os procedimentos operacionais e de manutenção, buscando através de ferramentas de análise de riscos especializadas na identificação e consideração do erro humano, avaliar os riscos associados às funções desempenhadas pelo homem e sua interface com sistemas e equipamentos;
- Incluir *check list* de avaliação dos fatores humanos no desenvolvimento de projeto;

- Capacitar ou contratar profissionais para influenciar nas disciplinas de engenharia, e considerar os fatores humanos no projeto. Exigir, das parceiras de engenharia, que considerem estes profissionais ou estes temas no grupo de projeto;
- Realizar uma pesquisa mais abrangente, avaliando diversas dimensões dos fatores humanos, conforme o guia da API 770 (AMERICAN…, 2001). Definir ações de como considerar e melhorar o desempenho humano nos processos industriais de forma clara, transparente e tecnicamente suportada. Questionário completo da pesquisa (ANEXO B);
- Avaliar as ferramentas de análise de riscos hoje existentes na organização e revisá-las, considerando o erro e os fatores humanos nas ferramentas de análises de risco. Re treinar as pessoas nestas ferramentas;
- Incorporar como função especialista na organização, profissionais capacitados em confiabilidade humana, responsáveis por estudar e propor melhorias nos aspectos de segurança e produtividade dos processos produtivos e funções, considerando a confiabilidade humana como uma disciplina importante na busca da excelência da organização;
- Reavaliar a política e princípios de SSMA, considerando os aspectos do erro humano e dos fatores humanos, como importantes para minimização das perdas, aumento da produtividade e da confiabilidade das operações e sistemas.

E o futuro? Existem muitas áreas de negócio e aplicações que ainda não foram beneficiadas com a aplicação dos dados e princípios dos fatores humanos. Dentro deste contexto, existem, pelo menos, duas áreas que deveriam servir de desafio para os profissionais de fatores humanos, e que poderiam ser exploradas como continuidade deste estudo.

Uma destas áreas, nos dias atuais, se denomina qualidade de vida do ser humano. Existem algumas verdades sobre a consideração de que os fatores humanos têm tendido a promover melhorias na qualidade de vida das pessoas e no ambiente do trabalho, tornando este

último mais fácil e menos prejudicial à saúde das pessoas. Porém é fato que, quer seja por desconhecimento ou por falta de prioridade, pouco ainda tem sido feito, de forma geral, nas organizações nesta área de identificação e consideração dos fatores humanos no trabalho.

O que se pode esperar para o futuro com relação aos aspectos de produção é o incremento do uso da automação no processo produtivo e de serviços, como também o aumento do uso do computador para controlar os processos. Tem havido mudanças significativas na tecnologia, nos produtos e serviços, e estas mudanças trarão novos produtos e serviços que nós, simplesmente, não podemos prever. Portanto, o mundo do futuro deve ser desenvolvido por pessoas, pensando que outras pessoas estarão interagindo e convivendo com estes produtos e serviços no futuro.

A disciplina que trata dos fatores humanos, através dos especialistas e de lideranças conscientes e comprometidas, deve influenciar o desenvolvimento futuro a fim de assegurar que o que for criado estará, na realidade, contribuindo para melhoria da qualidade de vida do homem e de todos os seres que com este habitam o mesmo espaço.

REFERÊNCIAS

AMERICAN INSTITUTE OF CHEMICAL ENGINEERS (AICHE). Center for Chemical Process Safety (CCPS). **Guidelines for preventing human error in process safety**. New York, 1994.

AMERICAN PETROLEUM INSTITUTE. **API 770.2001: A manager´s guide to reducing human errors**. Improving Human Performance in the Process Industries. Washington, DC., 2001.

ANASTASI, A. **Campos de psicologia aplicada.** São Paulo: EDUSP, 1972.

BAILEY, R. **Human performance engineering.** Englewood Cliffs, NJ: Prentice Hall, 1982.

BARFIELD, W. et al. Technical and human aspects of computer-aided design (CAD). In: SALVENDY, G. **Handbook of human factors.** New York : Wiley, c1987

BEEVIS, D.; HILL, M. The designer are the limiting human factor in military systems. DEFENSE RESEARCH GROUP SEMINAR ON THE HUMAN AS A LIMITING ELEMENT IN MILITARY SYSTEMS (24 th.). **Proceedings…** Toronto, Ont., Canada: NATO, 1983. v.1

BERKSON, W.; WETTERSTEN, J. **Learning from error**. [S.L]: Hoffman & Campe, 1982.

BOLLINGER, Robert et al. **Inherently safer chemical processes**: a life cycle approach. New York : Center for Chemical Process Safety of the American Institute of Chemical Engineers, c1996.

BOWDITCH, James L. ; BUONO, Anthony F. **Elementos de comportamento organizacional**. São Paulo: Pioneira Thomson, 1990.

BRASKEM S.A. **PRC P005 – Procedimento corporativo – Implantação de Empreendimentos.** Camaçari, Ba., 2004a.

______. **PRC P007 – Procedimento corporativo – Projeto Conceitual de Engenharia**. Camaçari, BA., 2003a.

______. Unidade de Insumos Básicos. **NP 0600 01 – Sistemática de Tratamento de Desvios e Comunicação de Ocorrências**. Camaçari, BA., 2004b.

______. **Relatório anual de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, 2001**. Camaçari, BA., 2002.

______. **Relatório anual de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, 2002**. Camaçari, BA., 2003b.

______. **Relatório anual de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, 2003.** Camaçari, BA., 2004c.

BRIDGES, W. G.; KIRKMAN J. Q.; LORENZO, D.K. Include human errors in process hazard analysis. **Chemical Engineering Progress**, New York, v.90, p. 74-82, May 1994.

CHAPANIS, A. Human engineering. In: FLAGLE, C. D.; HUGGINS, W. H. (Ed.). **Operations research and systems engineering**. Baltimore, Johns Hopkins Press [1960]

______. On the allocation of functions between men and machines. **Occupational Psychology**, London, v. 39, p. 1-11, 1965.

CROSBY, P. B. **Quality without tears**: the art of hassle free management. New York : New American Library, 1984.

DORFLES, G. **Naturaleza y artificio**. Barcelona: Lumon, 1972.

DRAKE, Richard I. ; SMITH, Peter J. **Ciência do comportamento na indústria**. São Paulo: McGraw-Hill do Brasil, 1977.

DRURY, C. et al. Task analysis. In: SALVENDY, G. (Ed.). **Handbook of human factors.** New York: Wiley, 1987.

FIGUEIROA FILHO, C.L.S. **Um método para avaliação de falhas humanas na manutenção de aeronaves.** 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica, Universidade Federal da Bahia, Salvador.

FITTS, P. M. Functions of men in complex systems. **Aerospace Engineering,** Easton, Pa., US : Institute Of The Aeronautical Sciences, v. 21, n. 1, p. 34-39, 1962.

______. **Human engineering for an effective air-navigation and traffic control system.** Washington, National Research Council, Division of Anthropology and Psychology, Committee on Aviation Psychology, 1951.

FLEMING, P.V. **Análise dos modos de falha e seus efeitos (FMEA).** Salvador, 1997. Apostila Curso Básico de Engenharia de Confiabilidade.

GARRISON, W. G. **Large property damage losses in the hydrocarbon chemical industries.** 12th Chicago: Marsh and McLennan Protection Consultants, 1989.

GREENBERG,A.; SMALL, R.L. Improving human reliability through error monitoring, In: MEETING ON HUMAN FACTORS ISSUES IN AIRCRAFT MAINTENANCE AND INSPECTION (7). **Proceedings …** Atlanta, 1993.

JOHSON, D. A. The design of effective safety information displays. In: SYMPOSIUM: HUMAN FACTORS AND INDUSTRIAL DESIGN IN CONSUMER PRODUCTS. **Proceedings…** Medford, MA: Tufts University, 1980. p. 314-328.

JORDAN, N. Allocation of functions between man and machines in automated systems. **Journal of Applied psychology,** Washington, v.47, n. 3, p.161-165, 1963.

KANTOWITZ, B.; SORKIN, R. Allocation of functions. In: SALVENDY, G. (Ed.). **Handbook of human factors**. New York: Willey, c1987.

KLEIN, G.; BREZOVIC, C. Design engineers and the design process: decision strategies and human factors literature. In: HUMAN FACTORS SOCIETY 30TH ANNUAL MEETING. **Proceedings…** Santa Monica, Ca: Human Factors Society, 1986. p. 771-775.

LIDA, Itiro. **Ergonomia:** projeto e produção. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.

LLORY, Michel. **Acidentes industriais**: o custo do silêncio. Rio de Janeiro: MultiMais Editorial, 1999.

LOPES, A. **A técnica HAZOP, como ferramenta de aquisição de dados para avaliação da confiabilidade humana**. 1997. Dissertação (Mestrado) - UNICAMP, Campinas.

LORENZO, D. K. **Um guia do gerente para redução de erros humanos: melhorando o desempenho humano nos processos industriais.** [S.l]: EQE, International INC., 2001.

______. **A managers guide to reducing human errors**.[S.l.]: Chemical Manufactures Association, Inc., 1990

MALDONADO, T. **Ambiente humano e ideologia**: notas para uma ecologia crítica. Buenos Aires: Nueva Vision, 1972.

McCORMICK, E. J.; ILGEN , D. R. **Industrial psychology.** 8th ed. Englewood Cliffs, NJ: Prentice-Hall, 1985.

MEISTER, D. **Behavioral analysis and measurement methods.** New York : Wiley, c1985.

______. **Conceptual aspects of human factors**. Baltimore: Johns Hopkins University Press, 1989.

______. **Human factors**: theory and practice. New York : Wiley-Interscience [1971].

MOLES, A. **Los objetos.** Buenos Aires: Tiempo Contemporaneo, 1971.

MORTES por acidentes de trabalho chegam a 2,8 mil casos por ano no Brasil [S.l : s.n.], 2001. Disponível em: <http://corporativo.bibliomed.com.br/lib/emailorprint.efm?id=197&type=lib>. Acesso em: 5 mar.2005.

MURGATROYD, R. A.; TAIT, J. F. **A case study of the application of the SHERPA technique to the dinorwing spiral casing ultrasonic testing system**. Dalton, Wingan, Lancs, UK: Human Reliability Associates, 1987.

NOF, S. Robot ergonomics: optimizing robot work. In: ______ (Ed.). **Handbook of industrial robotics.** New York: Wiley, 1985.

NOGUEIRA, D.P. Prevention of accidents and injuries in Brazil. **Ergonomics,** v.30, n.2, p.387-393, 1987.

NORMAN, D. A. Categorization of Action Slips. **Psychological,** 88, p. 1-15, 1981.

______. **La psicologia de los objetos cotidianos**. Nerea, Madrid, 1988.

ODEBRECHT, Norberto. **Sobreviver, crescer e perpetuar**. 2. ed. Salvador: Fundação Emilio Odebrecht, 1987

PERROW, C. **Normal accidents: living with high-risk technologies**. New York: Basic Book, c1984.

PRABHU, P.; DRUZY, C. G. A framework for the design of aircraft inspection information environment. In: MEETING ON HUMAN FACTORS ISSUES IN AIRCRAFT MAINTENANCE AND INSPECTION. **Proceedings …** Atlanta, 1992.

PRICE, H. B. The allocations of functions in systems. **Human Factors,** New York, v.27, n. 1, p. 33-45, 1985.

______; PULLIAM, R. **Control room function allocation**: a need for men-co muter symbiosis. Dover Co: Engineers. Proceedings of the 1982, 1983.

REDMILL, Felix ; RAJAN, Jane (Ed.). **Human factors in safety critical systems.** Oxford [England] ; Boston : Butterworth Heinemann. 1997.

RICARD, A. **Disenõ ?** por quê?. Barcelona [Gustavo Gili], 1982.

ROGERS, J. G.; ARMSTRONG, R. Use of human engineering standards in design. **Human Factors,** New York, v.19, p.15-23, 1977.

ROUSE, W.; BOFF, K. Designer tools and environments: state of knowledge, unresolved issues, and potencial directions. In: ROUSE, W.; K. BOFF, K. (Ed.). **System design behavioral perspectives on designers, tools, and organizations.** Amsterdan: North-Holland, 1987.

SANDERS, J. W. ; MORAY, N. P. **Human error**: cause, prediction and reduction: analysis and synthesis. Hillsdale, N.J. : L. Erlbaum Associates, 1991.

SANDERS, M. S. ; McCORMICK, E.J. **Human factors in engineering and design.** 7th ed. New York : McGraw-Hill, c1993.

SLACK, N. et al. **Administração da produção.** São Paulo : Atlas, 1997.

VUUREN, W. VAN. Organisational influences on human reliability in the steel industry. In: PAN PACIFIC CONFERENCE ON OCCUPATIONAL ERGONOMICS (4TH) **Proceedings...** Hsinchu, Taiwan: Ergnomics Society of Taiwan, 1996.

WIENER, E.L. **Intervention strategies for the management of human erro.** California: Ames Research Center, Contract NCA2-441, NASA, 1993.

ANEXO A – PROCEDIMENTOS AVALIADOS NA PESQUISA

NP-1300-01 - LEVANTAMENTO DE ASPECTOS, IMPACTOS, PERIGOS E DANOS

NP-1300-02 - PROGRAMA DE SEGURANÇA E MEIO AMBIENTE – IDSSMA

NP-1300-03 – SSMA EM PROCESSOS E TRABALHOS ADMINISTRATIVOS

NP-1300-04 - LEGISLAÇÃO APLICÁVEL E OUTROS REQUISITOS DE SSMA

NP-1300-05 - SSMA COM EMPRESAS CONTRATADAS

NP-1300-06 - TREINAMENTOS DE SEGURANÇA, SAÚDE E MEIO AMBIENTE

NP-1300-07 - COMUNICAÇÃO COM PARTES INTERESSADAS

NP-1300-08 - REQUISITOS DE SSMA PARA FORNECEDORES

NP-1300-09 - PADRÕES DE SSMA PARA PARADAS PARA MANUTENÇÃO

NP-1300-10 - AUDITORIA COMPORTAMENTAL DE SSMA

NP-1301-01 – PT (PROCEDIMENTOS BÁSICOS)

NP-1301-02 – PT (PROCEDIMENTOS ESPECÍFICOS)

NP-1301-22 - LIBERAÇÃO E LIMPEZA DE TORRES DE POLÍMEROS

NP-1301-24 - CLASSIFICAÇÃO E CONTROLE DE EMANAÇÕES DE BENZENO PARA A ATMOSFERA

NP-1301-25 – RADIAÇÕES IONIZANTES

NP-1301-26 – PREPARAÇÃO E ATENDIMENTO À EMERGÊNCIAS

NP-1301-27 – CIRCULAÇÃO DE PEDESTRES, EQUIPAMENTOS E VEÍCULOS

NP-1301-30 – ORGANIZAÇÃO PARA ESTADO DE EMERGÊNCIA

NP-1301-31 – SISTEMA DE ALARME DE EMERGÊNCIA

NP-1301-34 – ISOLAMENTO E SINALIZAÇÃO DE ÁREA PARA REALIZAÇÃO DE SERVIÇOS

NP-1301-35 - PROGRAMA DE TREINAMENTO DE BRIGADA DE EMERGÊNCIA

NP-1301-36 - INSPEÇÃO, TESTE, CONTROLE E MANUTENÇÃO DOS SISTEMAS FIXO DE COMBATE A INCÊNDIO E PROTEÇÃO COLETIVA

NP-1301-40 - PLANO DE EVASÃO BRASKEM

NP-1301-64 - PROCEDIMENTO PARA EXECUÇÃO DE ANÁLISE DE RISCOS

NP-1301-65 - INTERFERÊNCIA EM FAIXA DE DOMÍNIO

NP-1301-70 - EQUIPAMENTO DE PROTEÇÃO INDIVIDUAL – EPI

NP-1301-71 - SIMULTANEIDADE DE INTERVENÇÃO E MANUTENÇÃO EM PLANTAS OPERANDO – SIMOP

NP-1302-01 - GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS

NP-1302-03 - CONTROLE DOS PARAMETROS DOS EFLUENTES LÍQUIDOS DA BRASKEM(UNIDADE DE INSUMOS BÁSICOS)

IOP-0006-004 - BOMBEIO DE AROMÁTICOS PARA CLIENTES

IOP-0002-001 - PROCEDIMENTOS DE AMOSTRAGEM

IOP-0006-001 - MEDIÇÃO PARA FATURAMENTO

IOP-0006-002 - INSPEÇÃO NAS ESTAÇÕES DE MEDIÇÃO

PR-CP-005 - IMPLANTAÇÃO DE EMPREENDIMENTOS

PR-CP-007 - PROJETO CONCEITUAL DE ENGENHARIA

PR-CP-014 - MUDANÇA DE INSTALAÇÃO

ANEXO B - QUESTIONÁRIO DE AUTO-AVALIAÇÃO PARA GERENTES QUE ESTEJAM ANALISANDO FORMAS PARA MELHORAR O DESEMPENHO HUMANO

Este anexo contém uma lista de perguntas que você pode utilizar para ajudar a revisar a posição da engenharia de fatores humanos como um elemento da administração de segurança de processo na sua organização e instalações. A lista não é exaustiva, e todas as perguntas não são pertinentes a todas as empresas. De maneira ideal, você deverá ser capaz de responder “SIM” à parte inicial de todas as perguntas de depois estar apto a localizar a documentação que explica ou apóia a(s) sua(s) resposta(s) às questões de acompanhamento. Quaisquer respostas “NÃO”, “EU NÃO SEI” ou “NÃO CONSIGO ENCONTRAR” indicam questões de fatores humanos que você deverá considerar mais adiante, a depender dos perigos potenciais envolvidos.

1. Questões de Política

O compromisso da administração superior para com a saúde e segurança do trabalhador é claro? Que afirmações de política comunicam este compromisso aos funcionários? Os trabalhadores compreendem estas políticas, e eles estão convencidos da sinceridade da administração superior?

Os supervisores e trabalhadores acreditam que a segurança tem uma posição mais elevada (ou pelo menos igual) que outros objetivos de negócios dentro da organização? Como a empresa promove uma abordagem de “segurança em primeiro lugar”?

Foi dito de maneira específica aos supervisores e trabalhadores para errarem do lado seguro quando quer que percebam que existe um conflito entre segurança e produção? Será que essas decisões serão apoiadas através de toda a cadeia de administração?

A administração para da saúde e segurança do trabalhador consiste numa parte essencial das atividades diárias do gerente? Como são responsabilizados os gerentes por seu registro de saúde e segurança, e como as recompensas e penalidades são comparadas àquelas de desempenho de produção?

A saúde e segurança são regularmente discutidas em reuniões da administração em todos os níveis? Essas discussões envolvem mais de uma revisão de estatísticas de ferimentos? Que ações são empreendidas caso algum ferimento ocorra? Os quase acidentes são discutidos, ou alguma ação é empreendida para evitar a recorrência?

A administração superior estabeleceu políticas de engenharia de fatores humanos? Como os padrões de engenharia de fatores humanos são monitorados para assegurar a sua implementação por toda a organização? Estes padrões se aplicam a vendedores e subcontratantes? Como o não cumprimento desses padrões é identificado e resolvido? Quem tem a autoridade para remediar deficiências da engenharia de fatores humanos?

Nas áreas de pesquisa, projeto, construção, aquisição, operações, manutenção, administração e assim por diante, existem procedimentos claramente definidos para a avaliação de aspectos da engenharia de fatores humanos de:

- Processos novos e modificados?
- Equipamentos novos e modificados?
- Procedimentos novos e modificados?
- Procedimentos especiais, anormais, e de tipo único?

Existem recursos disponíveis para a engenharia de fatores humanos na organização, e eles estão prontamente disponíveis para ajudar a resolver questões de procedimento e de projeto? Os especialistas de fatores humanos ajudaram a estabelecer os padrões de projeto da empresa para engenharia de fatores humanos? Existe uma revisão periódica da adequação dos padrões em conjunção com outros grupos (engenharia, operações, manutenção, etc.)?

Os recursos e tempo alocados para a engenharia de fatores humanos são adequados? Como a engenharia de fatores humanos é integrada com o processo de projeto e o processo de redação de procedimentos? A engenharia de fatores humanos é diferente para novos procedimentos e projetos e procedimentos e projetos modificados? Caso seja, as diferenças são justificadas?

Os trabalhadores ajudam a identificar situações de erro provável em procedimentos e projetos já existentes? Eles estão também envolvidos na revisão de novos procedimentos e projetos? Como são utilizados os dados do trabalhador? As sugestões dos trabalhadores são implementadas?

Os trabalhadores são encorajados a discutir erros humanos potenciais e quase erros com os seus supervisores? Essas manifestações dos trabalhadores são tratadas como evidência da incompetência do trabalhador, como crítica não garantida da administração, ou como lições valiosas para serem compartilhadas e darem ensejo a outras ações? Que critérios e procedimentos existem para o relatório e investigação de acidentes e quase acidentes? Eles são seguidos de maneira consistente? As investigações são profundas o suficiente para identificar as causas essenciais dos erros dos trabalhadores? As deficiências da engenharia de fatores humanos que são identificadas durante a investigação de um incidente são corrigidas de que maneira (1) no local do incidente original, (2) locais semelhantes da mesma planta, e (3) locais semelhantes em outras plantas? Como é modificado o processo de projeto para evitar deficiências semelhantes em projetos futuros?

Os supervisores são treinados e encorajados a identificar situações de erro provável, comportamentos inseguros e problemas pessoas que possam afetar de maneira adversa o desempenho de um trabalhador? Que ações são empreendidas se um problema é identificado?

Os dados sobre erros humanos são coletados e colocados à disposição dos gerentes? Os dados foram utilizados como base para quaisquer decisões gerenciais? Os dados são coletados de maneira rotineira, ou eles são coletados somente depois de um acidente?

2. Questões das Atribuições e Tarefas

As atribuições e tarefas críticas foram identificadas? Os aspectos físicos e mentais dessas atribuições foram analisados tanto para as atividades de rotina quanto para as atividades de emergência? O que tem sido feito para reduzir a probabilidade e/ou conseqüências dos erros humanos potenciais no desempenho dessas atribuições?

As atribuições e tarefas foram projetadas para manter o interesse e o envolvimento do trabalhador? As atribuições passam por rodízio para nivelar as cargas de

trabalho e aumentar a experiência dos trabalhadores? **Como as atividades com implicações de segurança foram enfatizadas?**

As tarefas que requerem atividade intensa, atividade repetitiva, ou monitoramento sem eventos passado para máquinas quando possível? Como se lida com os problemas associados com cargas de trabalho excessivas ou inadequadas? Existe apoio de outro pessoal disponível quando necessário?

As responsabilidades individuais do trabalhador são claramente definidas? Como elas se relacionam com as responsabilidades de equipe? Como o desempenho do trabalhador é monitorado e mensurado?

3. Questões da Interface Homem-Máquina

A interface homem-máquina já passou por uma revisão de engenharia de fatores humanos? Todo o local de trabalho está arrumado de maneira que os trabalhadores possam manter uma boa postura de trabalho e realizar movimentos variados?

Informações adequadas sobre condições de processo normais e problemáticas são mostradas na sala de controle? As informações são mostradas de maneira que os trabalhadores compreendam? Mostradores separados apresentam informações de maneira consistente? Que tipos de cálculos os trabalhadores devem fazer, e como eles são verificados? O software de computador verifica as inserções que estão ora da faixa?

Os trabalhadores recebem informações suficientes para diagnosticar um problema quando um alarme soa? Os mostradores estão adequadamente visíveis de todas as posições de trabalho que são relevantes? Os mostradores fornecem o feedback adequado sobre as ações dos trabalhadores?

Os layouts do painel de controle refletem os aspectos funcionais do processo ou do equipamento? Os mostradores e controles relacionados estão agrupados? A disposição do controle segue de maneira lógica a seqüência normal de operação? O trabalhador pode anular o computador caso ele, ou uma de suas entradas, falhar? Quais são as conseqüências da intervenção do trabalhador em processos controlados por computador?

Todos os controles são acessíveis e fáceis de distinguir? Os controles são fáceis de serem usados corretamente e difíceis de serem utilizados de maneira incorreta? Algum dos controles viola estereótipos populacionais fortes (cor, direção de movimento, etc.)? Existem variáveis de processo que sejam difíceis de controlar com o equipamento que já existe? Quantos ajustes manuais um trabalhador deve realizar durante operações normais e de emergência?

Existe um mecanismo formal para corrigir deficiências de engenharia humana identificadas pelo trabalhador? Os trabalhadores fizeram quaisquer modificações nos mostradores, controles ou equipamentos para melhor satisfazer as suas necessidades? Como os projetistas tomam conhecimento dos problemas de maneira que eles possam melhorar futuros projetos?

Os dispositivos de segurança automática são acionados quando o processamento tanto de repostas rápidas quanto de informações complexas se faz necessário para lidar com um problema de processo?

Os instrumentos, mostradores e controles são prontamente reparados depois de um problema? Instrumentos, mostradores e controles são deliberadamente desativados durante

qualquer fase da operação? Como são os pontos de acerto dos alarmes e o software de computador protegidos de mudanças não autorizadas?

O ambiente de trabalho (temperatura, ruído, iluminação, limpeza geral, etc.) é mantido dentro de limites confortáveis?

As ferramentas corretas estão disponíveis e são utilizadas quando necessário? São necessárias ferramentas especiais para realizar qualquer tarefa de maneira segura ou eficiente? Que passos são dados para identificar e fornecer ferramentas especiais?

Existe acesso adequado para operação e manutenção de rotina de todos os equipamentos?

Caso sejam necessários roupas e equipamentos de proteção para o desempenho de algumas tarefas, as limitações de desempenho do trabalhador que são impostas pelo equipamento de proteção foram avaliadas para tarefas de rotina e de emergência? Existem estoques do equipamento de proteção prontamente disponíveis para uso de rotina e de emergência?

O equipamento que é importante (vasos, tubos, válvulas, instrumentos, controles, etc.) está sinalizado de maneira clara e sem ambigüidade? O seu programa de sinalização inclui componentes (por exemplo, pequenas válvulas) que são mencionados nos procedimentos mesmo que eles não estejam com um número de tombamento? As etiquetas são precisas? Quem é responsável pela manutenção e atualização das etiquetas de tombamento?

As necessidades de comunicação e trabalho de equipe foram consideradas no projeto do local de trabalho? Como os diferentes turnos comunicam a situação do processo (condições da partida, anormalidades do processo, equipamentos fora de serviço, permissões para trabalho ativo, etc.) um ao outro? Qual o procedimento para comunicação entre os departamentos? Ele é seguido?

Existem procedimentos claros durante emergências para comunicação entre os trabalhadores e o pessoal de resposta de emergência, administração da planta, administração corporativa e autoridades públicas? Elas são praticadas com regularidade?

Os trabalhadores são encorajados a pedir assistência aos supervisores? Os trabalhadores sabem quando procurar assistência? Os trabalhadores são penalizados por paradas “desnecessárias” quando eles realmente acreditam existir uma emergência?

Existe supervisão adequada dos trabalhadores? Como os supervisores interagem com os trabalhadores? Qual o papel do supervisor na detecção e correção dos erros humanos?

Os cronogramas de rodízio de turno são ajustados para minimizar a interrupção dos ritmos circadianos dos trabalhadores? Como são resolvidos os problemas com fadiga de trabalhadores? Existe um plano para rodízio dos trabalhadores durante emergências prolongadas?

4. Questões de Procedimento

Um conjunto completo e atual de procedimentos está disponível para o uso dos trabalhadores? Como são mantidos procedimentos específicos e atualizados? Os próprios trabalhadores ajudam a analisar/revisar os procedimentos? Com que freqüência? Permite-se que erros conhecidos permaneçam sem correção?

Os procedimentos são escritos para o nível correto de conhecimento e compreensão dos trabalhadores, considerando a sua educação, formação, experiência, língua nativa, etc.? É utilizado um formato passo a passo? Os diagramas, fotografias, desenhos, etc., são utilizados para clarificar o texto escrito? Precauções e advertências estão claramente colocadas em locais de destaque? A nomenclatura do procedimento está de acordo com as etiquetas do equipamento? Existem abreviações e referências a outros procedimentos em excesso?

As práticas dos trabalhadores sempre obedecem aos procedimentos escritos? Como são as diferenças detectadas e resolvidas? **Quem pode autorizar modificações e desvios dos procedimentos escritos? Essa autorização inclui uma revisão das implicações de segurança da modificação ou desvio/ As precauções sempre precedem os passos de ação nos procedimentos?**

Os sistemas de permissão para trabalho são utilizados de maneira correta? Como são os contratantes incluídos nesses sistemas?

Os procedimentos de emergência estão escritos de maneira clara? Eles são praticados com regularidade? Quantas ações "imediatas" são necessárias? Os procedimentos são projetados de maneira que os trabalhadores possam verificar o desempenho uns dos outros das tarefas necessárias?

São utilizadas listas de verificação para procedimentos críticos? Somente uma ação é especificada por cada passo numerado? Existem instruções incluídas nas notas explicatórias? Os passos estão na seqüência correta? Os passos que requerem ações de controle também especificam a resposta correta do sistema?

5. Questões do Trabalhador

Um especialista em fatores humanos ajudou a desenvolver as políticas de contratação e designação de atividades do trabalhador? Como são os resultados das análises de atribuições e tarefas convertidas em critérios apropriados para seleção do trabalhador baseada em habilidades físicas, aptidões, experiência, etc.?

Existe uma política de treinamento escrita que seja aplicável a todos os trabalhadores, incluindo os contratantes? Que objetivos de segurança são estabelecidos e como se monitora a consecução desses objetivos?

São mantidos registros de treinamento? Como são identificadas as necessidades de retreinamento? Como são treinados os trabalhadores em novos processos, equipamentos e procedimentos? Que treinamento é oferecido a trabalhadores que estejam trocando atribuições ou assumindo responsabilidades adicionais? Que treinamento é oferecido a novos trabalhadores? Como é avaliada a efetividade do treinamento? Somente trabalhadores treinados e qualificados são designados para determinadas tarefas? Como os supervisores sabem quais trabalhadores têm qualificações apropriadas para uma dada atribuição?

Avaliações médicas antes da contratação e também as periódicas são feitas por trabalhadores que devem atender e manter padrões médicos definidos? A saúde de um trabalhador é avaliada antes que ele/ela tenha permissão para retornar ao trabalho depois de uma enfermidade?

Existem programas para identificar e ajudar os trabalhadores que têm problemas de abuso de substâncias ou saúde mental? Que tipo de aconselhamento, apoio e aconselhamento

profissional estão disponíveis para os trabalhadores durante os períodos de doença ou stress? Qual a política da empresa para redirecionar ou dispensar trabalhadores que estão incapaz-inadequados para realizar suas atribuições?

ANEXO C – *CHECK LIST* PARA PROJETO CONCEITUAL

1.1.1.1.1 *CHECK LIST* PARA PROJETO CONCEITUAL		
Elaborado por:		**DATA:**
Função:	**MAT.**	**Assinatura:**

1. GERAL	**OK**	**N.A.**
1.1 Analisar alternativas para atingir o objetivo sem modificação na planta.		
1.2 Desenvolver projeto Conceitual		
A) PROCESSO		
0100 - Objetivo do projeto		
0200 - Finalidade do processo		
0300 - Considerações gerais sobre o processo		
0400 - Descrição do processo		
0500 - Fluxogramas preliminares (PFD's)		
0600 - Bases de projeto		
0700 - Estratégia de Implantação		
0800 - Balanço material e propriedades físicas		
0900 - Consumo de utilidades e condições no LB		
1000 - Condições das cargas e produtos no LB		
1100 - Condições de armazenamento das cargas e produtos		
1200 - Consumo de insumos		
1300 - Lista de equipamentos		
1400 - Dados de processo para equipamentos		
1500 - Lista de analisadores on-line / pontos de amostragem / métodos de análise		
1600 - Lay-out / localização de equipamentos		
1700 - Higiene e segurança / manuseio de produtos		
1800 - Efluentes gerados / sistema de despejos		
1900 - Condições metereológicas		
2000 - Estudo de perigo (HAZOP / APP / FMEA)		
2100 - Viabilidade do investimento		
B) AUTOMAÇÃO		
Objetivo		
Descrição das Informações Requeridas		
0000 - Informações gerais		
0100 - Objetivo do projeto		
0200 - Finalidade do processo		
0300 - Considerações gerais sobre o sistema		
0400 - Descrição do sistema		
0500 - Diagrama de blocos do sistema		
0600 - Bases de projeto		
0700 - Estratégia de Implantação		
0800 - Lista de equipamentos		
0900 - Lista de pontos de I/O		
1000 - Características dos equipamentos		
1100 - Lay-out / localização dos equipamentos		
1200 - Condições ambientais		

1300 - Estudo de perigo (HAZOP / APP / FMEA)		
1400 - Viabilidade do investimento		
C) ELÉTRICA		
0000 - Informações gerais		
0100 - Objetivo do projeto		
0200 - Diagramas unifilares		
0300 - Bases de projeto		
0400 - Estratégia de Implantação		
0500 - Lista de equipamentos		
0600 - Características nominais dos equipamentos		
0700 - Descritivo dos principais intertravamentos		
0800 - Lay-out / localização dos equipamentos		
0900 - Considerações sobre métodos de partida dos motores e controle de velocidade		
1000 - Higiene e segurança		
1100 - Fontes de alimentação auxiliar		
1200 - Classificação de cargas para reaceleração		
1300 - Estudo de perigo (HAZOP / APP / FMEA)		
1400 - Viabilidade do investimento		

D) ANALISADORES DE PROCESSO	**OK**	**N.A.**
0100 - Finalidade e necessidade da medição		
0200 - Corrente a ser analisada		
0300 - Definição dos componentes a serem analisados		
0400 - Definição da técnica / tipo de analisador		
0500 - Critérios de seleção		
0600 - Considerações sobre o sistema		
0700 - Linhas de amostra		
0800 - Gases de utilidades – Hidrogênio, Ar Sintético, Nitrogênio, etc.		
0900 - Encaminhamento vents, drenos e resíduos		
1000 - Inspeções e testes		
1100 - Estratégia de Implantação		
1200 - Estudo de perigo (HAZOP / APP / FMEA)		
1300 - Viabilidade do investimento		
2. IMPLICAÇÕES OPERACIONAIS		
2.1 Verificar implicações no desempenho operacional de equipamentos à montante ou à jusante da modificação		
2.2. Verificar possibilidade de mistura indesejável entre produtos e/ou utilidades, em situações normais ou anormais		
2.3. Avaliar introdução de qualquer perigo, entupimento ou bloqueio de qualquer tubulação do sistema		
2.4. Permite a conexão de sistemas ou equipamentos em diferentes pressões, em situações normais ou anormais?		
2.5. Avaliar risco de sobre-pressão por bloqueio do sistema ou equipamento quando repleto de fluido		
2.6. Avaliar possibilidade de ocorrer reações químicas perigosas em situações operacionais anormais		
2.7. Verificar alterações na estabilidade operacional de algum sistema		

3. CONDIÇÕES DE PROCESSO		
3.1. Verificar se a modificação introduz ou altera qualquer causa potencial de sobre-pressão ou sub-pressão (ou alterações de temperatura) no sistema ou parte do sistema.		
3.2 Verificar se a modificação afeta as características das válvulas de segurança ou quebra-vácuos já existentes no sistema.		
3.3. Verificar se a modificação altera a composição química ou propriedades físico-químicas dos produtos envolvidos: Flamabilidade; Toxidez. Avaliar necessidade de novos controle analíticos.		
3.4. Avaliar as implicações na estabilidade de reações químicas ou controlabilidade de processo		
3.5. Analisar as alterações nas características de pressão, temperatura, vazão e nível do sistema		
4. CONTROLE / INTERTRAVAMENTO	**OK**	**N.A.**
4.1. Analisar as modificações na lógica de controle		
4.2 Avaliar as implicações nos sistemas de intertravamento, sinalização e alarmes		
4.3. Definir local de interface com o operador (em que estaçào de Hardware/IHM ficará determinado instrumento).		
4.3. Avaliar a necessidade de novos loops de indicação e/ou controle		
5. CONTROLE AMBIENTAL		
5.1. Analisar a possibilidade da emissão inadequada de líquidos, gases inflamáveis, corrosivos ou tóxicos para atmosfera.		
5.2 Verificar alteração na qualidade e/ou quantidade de efluentes.		
5.3. Avaliar alteração na capacidade das facilidades de estabilização ou drenagens de efluentes.		
5.4. Avaliar possibilidade de contaminação ambiental e em caso afirmativo, descrever qual o tipo de contaminação.		
5.5. Avaliar aumento do nível de ruído, vibração, calor e radiações ionizantes.		
5.6. Verificar se o sistema prevê drenagem para o meio ambiente e em caso afirmativo informar se a mesma deve ser conduzida para sistema aberto ou fechado, conforme área.		
5.7. Avaliar a necessidade de incluir novos agentes químicos na Folha de Informações de Produto – FIP.		
6. ASPECTOS DE SEGURANÇA		
6.1 Avaliar a necessidade de instalação de detetores de vazamento.		
6.2 Consultar a área de seguros para verificar se a modificação implica na alteração do prêmio de seguro.		
6.3. Avaliar modificações das condições de segurança em falha de válvulas. Fire safe?		
6.4. Recomendar a realização de estudo de confiabilidade, quantificado ou não quantificado no projeto básico		
6.5. Recomendar a realização ou reavaliação de estudo de perigo no projeto básico		
6.6. Recomendar a realização de estudo de perigo na montagem		
6.7. Recomendar a realização ou reavaliação de análise de risco no projeto básico		

7. CLASSIFICAÇÃO DE ÁREA		
7.1 Verificar se a modificação introduz ou altera a localização de vazamentos em potencial de fluidos inflamáveis.		
7.2 Verificar se a modificação altera a Classificação dos equipamentos elétricos existentes.		

ANEXO D – QUESTIONÁRIO DE AVALIAÇÃO DE PROJETO PROPOSTO POR SANDERS E MCCORNICK (1992)

1. Quais as funções necessárias para que se consiga realizar os objetivos e requisitos do sistema?
2. Se existirem opções de definição, que funções deveriam ser realizadas pelo Homem?
3. Para uma determinada função, que informações externas são necessárias para a pessoa? Que informação pode ser recebida de forma adequada diretamente do ambiente e que informação deveria ser dada através de instrumentos?
4. Para as informações fornecidas por "displays", que modalidade sensorial deveria ser utilizada? Considerações devem ser tomadas quanto aos diferentes tipos de instrumentos e formas de apresentação da informação.
5. Que tipo de "display" deverá ser utilizado? O " display" geralmente deveria fornecer a informação apenas quando e onde for necessário. Estas considerações devem refletir na definição do tipo, na dimensão, e códigos.
6. As informações são dispostas e apresentadas de forma clara para o usuário?
7. As informações fornecidas atendem a capacidade de absorção do usuário com relação à quantidade, clareza, velocidade, necessidade de armazenamento, correlação com outras informações?
8. As várias informações fornecidas evitam a sobrecarga de informações?
9. As decisões a serem tomadas e as habilidades necessárias são compatíveis com a pessoa?
10. As decisões a serem tomadas, a qualquer momento, levam em consideração os limites e a capacidade do homem?
11. No caso de sistemas ou componentes automatizados, as pessoas tem o sentimento de que os seus comportamentos não estão sendo controlados pelo sistema?
12. Quando um controle físico passa a ser exercido por uma pessoa, que tipo de recomendação de controle deveria ser utilizado?
13. Cada componente de controle é facilmente identificado?
14. Os componentes de controle são projetados de forma adequada com relação ao formato, tamanho, e outras considerações importantes?
15. Os requisitos operacionais de qualquer que seja o controle possuem os limites definidos de forma adequada? Os requisitos para força, velocidade, precisão etc., estão dentro dos limites das pessoas que estarão operando o sistema nas diferentes situações possíveis de operação? A dinâmica da interface entre homem – máquina permite que, com as habilidades da pessoa, possam ser atendidos todos os requisitos do sistema?
16. A operação dos instrumentos de controle é compatível com os instrumentos de indicação e sinalização e com as características e tendências de resposta do ser humano?
17. Os sistemas de controle estão alocados de forma adequada de forma que possam ser acionados em situações normais e ótimas?
18. O espaço de trabalho está adequado para a quantidade de pessoas que estarão trabalhando e usando o local?
19. Os componentes e outros materiais e equipamentos da unidade estão localizados e dispostos de forma adequada, permitindo o uso e a segurança?

20. Quando relevante, a visibilidade do posto de trabalho é adequada e satisfatória?
21. Se houver a necessidade de haver uma reunião ou comunicação em grupo, esta comunicação prejudicará as outras pessoas que estiverem no local?
22. As várias atividades a serem realizadas foram agrupadas de forma adequada nos trabalhos?
23. As atividades que requerem turnos de trabalho, evitam que haja perturbação no sistema ou nas pessoas? Atenção especial deve ser dada à possibilidade de perturbações em momentos de emergência.
24. Existe redundância no sistema para as funções críticas? A redundância pode ser alocada através de reservas para equipamentos e instrumentos como também para pessoas?
25. Os trabalhos e atividades permitem que as pessoas sejam treinadas para a sua realização?
26. Se sim, o período destinado ao treinamento atende aos requisitos?
27. As atividades de trabalho e treinamento se completam entre si?
28. Se simuladores são utilizados, eles asseguram um custo beneficio adequado entre a transferência de treinamento e custos?
29. O sistema ou item do sistema são projetados de forma adequada, de forma que permita a manutenção adequada? Incluindo componentes individuais do sistema? Por exemplo, o espaço para se ter acesso aos componentes a fim de se substituir ou reparar é adequado? Existem as ferramentas adequadas e um guia de solução de problemas disponível? Existem procedimentos e instruções de manutenção disponíveis?
30. As condições de meio ambiente (temperatura, iluminação, umidade, ruído, etc.) atendem aos requisitos necessários para o homem fazer o seu trabalho com boa performance e sem comprometer sua segurança e saúde?
31. Em testes e avaliações do sistema ou de componentes, a performance do sistema mantém os requisitos necessários?
32. O sistema permite que as pessoas envolvidas na sua operação experimentem alguma forma de evolução e realização pessoal?
33. O sistema, de forma geral, contribui para que as pessoas desenvolvam os seus valores pessoais?